

Aus dem medizinischen Zentrum für Orthopädie und Unfallchirurgie

Geschäftsführender Direktor: Herr Univ.-Prof. Dr. med. Steffen Ruchholtz

des Fachbereichs Medizin der Philipps Universität Marburg

**«Die femorale Tunnelerweiterung nach MPFL Plastik mittels Gracilissehne und  
ihr Einfluss auf das klinische Outcome»**

Inaugural-Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der gesamten Humanmedizin  
dem Fachbereich Medizin der Philipps-Universität Marburg vorgelegt von Almut Höger  
aus Stuttgart

Marburg, 2020

Angenommen vom Fachbereich Medizin der Philipps-Universität Marburg am:  
24.3.2020

Gedruckt mit Genehmigung des Fachbereichs

Dekan: Herr Prof. Dr. H. Schäfer

Referent: Herr PD Dr. K. Schüttler

1. Korreferent: Herr Prof. Dr. G. Heers

## Zusammenfassung

Einleitung: Die Patellaluxation und die damit verbundene Ruptur des medialen patellofemoralen Ligamentes (MPFL) gehören zu einem der häufigsten orthopädischen Krankheitsbilder. Der Ersatz des MPFL hat sich in den letzten Jahren zur wichtigsten Therapieoption entwickelt. Der Einfluss einer femoralen Bohrkanalerweiterung im Rahmen einer MPFL Plastik auf das klinische Ergebnis wurde bisher noch nicht hinreichend untersucht.

Daher ist das Ziel der vorliegenden Studie das Auftreten, das Ausmaß und den Einfluss einer femoralen Tunnelerweiterung nach isoliertem Ersatz des medialen patellofemoralen Ligamentes auf das klinische Outcome zu untersuchen. Als Nebenziel wird der Einfluss einer femoralen Tunnel Fehlpositionierung auf die Entwicklung eines Enlargements untersucht.

Methodik: Die Einschlusskriterien waren das Vorliegen einer isolierten Ruptur des medialen patellofemoralen Ligamentes und die Rekonstruktion mittels autologer Gracilissehne, ein follow-up von mindestens 1,5 Jahren und keine zusätzlichen Verletzungen in Form einer flake fracture oder Knorpelschäden. Die klinische Evaluation umfasste die Untersuchung der Stabilität des Kapselbandapparates und der Patella sowie die Dokumentation einer Achsabweichung. Das klinische Ergebnis wurde mit Hilfe des Tegner Aktivitäts Index, des Kujala Scores und des International Knee Documentation Scores (IKDC) objektiviert und mit den Ergebnissen der MRT Bilder korreliert.

Ergebnisse: Für die Studie wurden 51 Patientenknien nachuntersucht. Das durchschnittliche Alter der Patienten bei follow-up lag bei  $22,6 \pm 8,5$  Jahren, die Zeit zwischen Operation und follow-up lag bei  $3,01 \pm 1,37$  Jahren. Hiervon hatten 23 Patienten ein Enlargement, 20 davon waren zu weit proximal platziert. 13 der 28 Patienten ohne Enlargement hatten eine zu proximale Tunnelposition. ( $p = 0,0033$ ). Patienten mit Tunnelerweiterung zeigten einen signifikant besseren Kujala Score ( $83,6 \pm 11,7$  vs.  $74,9 \pm 16,2$ ;  $p = 0,032$ ) und IKDC Score ( $79,7 \pm 6,9$  vs.  $70,7 \pm 18,6$ ;  $p = 0,024$ ) im Vergleich zu Gruppe ohne femorale Tunnelerweiterung.

Diskussion: Es konnte gezeigt werden, dass ein signifikanter Zusammenhang zwischen einem zu weit proximal positionierten Tunnel und einem Tunnelenlargement besteht. Weiterhin konnte kein negativer Einfluss eines Tunnelenlargements auf das klinische Outcome festgestellt werden. Patienten mit einem Tunnelenlargement erzielten sogar im Kujala und IKDC Score bessere Ergebnisse als die Vergleichsgruppe ohne Tunnelenlargement.

## English abstract

Introduction: Patellar dislocation and associated rupture of the medial patellofemoral ligament (MPFL) are among the most common orthopedic disorders. The replacement of the MPFL using a free tendon graft has become the most important therapeutic option in recent years. The influence of femoral tunnel widening on the clinical outcome has not been sufficiently investigated. Therefore, the aim of the present study is to investigate the incidence and influence of a femoral tunnel widening after an isolated MPFL replacement. Additionally, the influence of a femoral tunnel malposition on the development of a tunnel enlargement and the associated clinical outcome were investigated.

Methods: Inclusion criteria were isolated rupture of the medial patellofemoral ligament, a free gracilis tendon graft reconstruction and follow-up of at least 1.5 years. Patients with injuries such as flake fractures or cartilage damage were excluded. In the study, 51 patients were followed up. The mean age of follow-up patients was  $22.6 \pm 8.5$  years and the time between surgery and follow-up was  $3.01 \pm 1.37$  years. The clinical examination included testing flexion, extension and the stability of the knee joint and testing the patella stability. The clinical outcome was objectified using the Tegner Activity Index, the Kujala Score and the International Knee Documentation Score (IKDC). The results were correlated with the results of MRI images.

Results: 51 knees of 49 patients were included in the study. The mean age of follow-up patients was  $22.6 \pm 8.5$  years and the time between surgery and follow-up was  $3.01 \pm 1.37$  years. 23 patients in this group showed a tunnel enlargement and 20 were placed too proximal. 13 of the 28 patients without tunnel enlargement had a too proximal tunnel position ( $p = 0.0033$ ). Patients with tunnel enlargement showed a significantly better Kujala score ( $83.6 \pm 11.7$  vs.  $74.9 \pm 16.2$ ,  $p = 0.032$ ) and IKDC score ( $79.7 \pm 6.9$  vs.  $70.7 \pm 18.6$ ,  $p = 0.024$ ) compared to group without femoral tunnel enlargement.

Discussion: The results showed a significant correlation between an overly proximal tunnel and a tunnel widening. The tunnel widening showed no negative impact on the clinical outcome. Patients with tunnel widening achieved better results in the Kujala and IKDC scores than those without tunnel widening.

## Inhaltsverzeichnis

<b>1. Einleitung</b> .....	<b>1</b>
1.1. Die Ätiologie und Epidemiologie der patellofemorale Instabilität .....	1
1.2. Anatomie und Biomechanik .....	3
1.2.1. Anatomie und Biomechanik der Patella .....	3
1.2.2. Anatomie und Biomechanik des patellofemorale Gelenks – die statischen Faktoren der patellofemorale Stabilität.....	6
1.2.3. Anatomie und Biomechanik der passiven Stabilitätsfaktoren – das MPFL als wichtigster Faktor .....	6
1.2.4. Anatomie und Biomechanik der aktiven Faktoren – die Quadrizepsmuskulatur.....	8
1.2.5. Wechselspiel der einzelnen Faktoren untereinander .....	9
1.3. Ursachen der patellofemorale Instabilität.....	10
1.3.1. Trochleadysplasie.....	10
1.3.2. Erhöhter Q-Winkel und erhöhter TTTG Abstand.....	12
1.3.3. Abweichung in der Frontalebene und Torsionsfehlstellungen .....	13
1.3.4. Schädigung des medialen patellofemorale Ligamentes .....	13
1.3.5. Das laterale Retinaculum.....	14
1.3.6. Formvarianten und Dysplasien der Patella .....	14
1.3.7. Zusammenfassung der Risikofaktoren der patellofemorale Instabilität .....	16
<b>2. Therapieoptionen</b> .....	<b>18</b>
2.1. Konservativ.....	18
2.2. Operativ.....	18
2.2.1. Korrektur der statischen, knöchernen Strukturen.....	19
2.2.2. Korrektur der passiven Weichteilstrukturen, mediale Raffung laterales Release und MPFL Plastik .....	22
2.2.3. Korrektur der aktiven Weichteilstrukturen .....	27
2.3. Zusammenfassung und Bewertung der Therapieoptionen .....	28

<b>3.</b>	<b>Fragestellung, Zielsetzung und Hypothese der Arbeit.....</b>	<b>30</b>
<b>4.</b>	<b>Material und Methodik.....</b>	<b>31</b>
4.1.	Patientengut .....	31
4.2.	Operationstechnik und Nachbehandlung .....	31
4.3.	Ein- und Ausschlusskriterien.....	34
4.4.	Klinische Untersuchung .....	35
4.5.	Klinische Scores .....	36
4.6.	Bildgebende Verfahren .....	37
4.7.	Statistische Auswertung .....	43
<b>5.</b>	<b>Ergebnisse .....</b>	<b>44</b>
5.1.	Deskriptive Ergebnisse .....	44
5.2.	Vergleich des klinischen Ergebnisses zwischen den Gruppen mit und ohne Enlargement .....	48
<b>6.</b>	<b>Diskussion .....</b>	<b>49</b>
6.1.	Allgemeine Diskussion.....	49
6.2.	Diskussion des Einflusses der Tunnelposition auf das Enlargement und das klinische Outcome .....	50
6.3.	Diskussion des Einflusses eines Tunnelenlargements auf das klinische Outcome.....	51
6.4.	Methodenkritik .....	52
6.5.	Ausblick .....	53
<b>7.</b>	<b>Literatur.....</b>	<b>54</b>
<b>8.</b>	<b>Tabellarischer Lebenslauf.....</b>	<b>Fehler! Textmarke nicht definiert.</b>
<b>9.</b>	<b>Verzeichnis der akademischen Lehrer .....</b>	<b>69</b>
<b>10.</b>	<b>Danksagung .....</b>	<b>70</b>
<b>11.</b>	<b>Ehrenwörtliche Erklärung .....</b>	<b>Fehler! Textmarke nicht definiert.</b>
<b>12.</b>	<b>Anhang.....</b>	<b>71</b>

## Abkürzungsverzeichnis

In alphabetischer Reihenfolge:

%	Prozent
°	Grad
®	Eingetragenes Warenzeichen
α	Alpha
Abb.	Abbildung
BMI	Body Mass Index
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
cm	Zentimeter
d.h.	das heißt
etc.	et cetera
et al.	et alii
ggf.	gegebenenfalls
IKDC	International Knee Documentation Committee
Lig.	Ligamentum
M.	Musculus
MCL	mediales Kollateralband
MFE	medialer femoraler Epicondylus
mm	Millimeter
MPFL	mediales patellofemorales Ligament
MPML	mediales patellomeniskales Ligament
MPTL	mediales patellotibiales Ligament
MRT	Magnetresonanztomographie
N	Newton
n.s.	nicht signifikant
OP	Operation
P	Patella
PISS	Patella Instability Severity Score
Q-Winkel	Quadrizepswinkel
s.	siehe
SA	Standardabweichung
Tab.	Tabelle
TTTG Abstand	Tuberositas Tibiae Trochleagraben Abstand

UKGM	Universitätsklinikum Gießen und Marburg
v.a.	vor allem
VAS	Visuelle Analogskala
VKB	vorderes Kreuzband
VMO	Musculus vastus medialis obliquus
z.B.	zum Beispiel



## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Die Anatomie der Patella.....	4
Abbildung 2: Blick auf die Patellarückseite.....	4
Abbildung 3: Patellarückfläche.....	5
Abbildung 4: Darstellung des MPFL am Kadaverknie .....	8
Abbildung 5: Einteilung der Trochleadysplasie nach Déjour.....	10
Abbildung 6: Kniegelenk in 30° Flexion mit abgeflachter Trochlea .....	11
Abbildung 7: Patelladysplasieformen nach Wiberg .....	15
Abbildung 8: Patella alta, UKGM Marburg.....	16
Abbildung 9: Trochleaplastik .....	20
Abbildung 10: Operative Versorgung einer Valgusfehlstellung.....	20
Abbildung 11: Mediale Raffung .....	22
Abbildung 12: Der Schöttle Punkt .....	26
Abbildung 13: Gracilissehen armiert .....	32
Abbildung 14: Darstellung der Schicht für das Transplantat.....	33
Abbildung 15: Zugang an der Patella mit bereits eingebrachten Fadenankern.....	33
Abbildung 16: radiologische Darstellung der anatomischen Insertion des MPFL.....	33
Abbildung 17: Sehne fertig getunnelt und Draht im Bohrkanal .....	34
Abbildung 18: Berechnung des IKDC Scores.....	37
Abbildung 19: Bestimmung der Position des Bohrkanals in der sagitalen Aufnahme .....	39
Abbildung 20: Position des Bohrkanals in der coronaren Aufnahme .....	40
Abbildung 21: Messung des Durchmessers des Bohrkanals.....	41
Abbildung 22: Bestimmung der Patella Höhe mittels Caton Deschamps Index .....	42
Abbildung 23: Bestimmung des TTTG Abstandes.....	43

## **Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1: Zeitpunkt des follow-up, Ergebnisse der Scores der Studienpopulation.....	45
Tabelle 2: Auswertung der MRT Untersuchung der Studienpopulation .....	46
Tabelle 3:Ergebnisse der Funktionsfähigkeit der Studienpopulation .....	47
Tabelle 4: Enlargement und Non – Enlargement bei Fehlpositionierung des Bohrkanals.....	48

## 1. Einleitung

### 1.1. Die Ätiologie und Epidemiologie der patellofemorale Instabilität

Die Patellaluxation gehört zu den häufigsten Pathologien des Kniegelenks, die vor allem bei aktiven Kindern, Jugendlichen und jungen Erwachsenen im Alter von zehn bis zwanzig Jahren auftritt.<sup>9,51,156</sup>

Die Inzidenz der patellofemorale Instabilität wird bei Kindern und Jugendlichen mit 7 bis 49 pro 100 000 Einwohnern angegeben.<sup>9,105</sup> Bei einem akuten Trauma des Knies unter Ausbildung eines Hämarthros tritt sie in 10 bis 15% der Fälle auf.<sup>37,104</sup> Insgesamt betrachtet werden in Deutschland Primärluxationen mit bis zu 23 000 Fällen pro Jahr angegeben. Die Reluxationsrate nach initialer Patellaluxation wird in der Literatur mit 10 bis 31% angegeben.<sup>6,29,61</sup>

Unter physiologischen Bedingungen herrscht unter den stabilisierenden Faktoren im Kniegelenk ein Kräftegleichgewicht. Eine Luxation der Patella kann unter diesen Umständen nur durch ein starkes Trauma auftreten. Man unterscheidet neben der erworbenen Luxation die chronisch rezidivierende, die habituell atraumatische, die neurogene sowie die seltene kongenitale Patellaluxation. Die Definition der patellofemorale Instabilität umfasst die diskrete Subluxation bis hin zur deutlich sichtbaren Luxation der Patella aus der femoralen Trochlea heraus.<sup>75</sup> In den meisten Fällen ist die Instabilität nach lateral gemeint, sehr selten luxiert die Patella, iatrogen bedingt, nach medial.<sup>98</sup>

Die **erworbene** Patellaluxation kann durch direkte oder indirekte Gewalteinwirkung entstehen. Ein geringer Anteil der Luxationen wird durch Hochrasanztraumata verursacht, häufiger sind die indirekten Traumata im Freizeitsport.<sup>146</sup> Die Patella luxiert nach lateral durch den starken Zug des Streckapparats auf das außenrotierte, gebeugte, in Valgusstellung fixierte Kniegelenk. Von traumatischen Erstluxationen sind meist sportlich aktive Jugendliche betroffen. Als Risikosportarten gelten Kontaktsportarten und der Skisport.<sup>104</sup> Weibliche Patientinnen sind aufgrund des häufigeren Vorkommens eines Genu valgums etwas häufiger betroffen.<sup>11,91</sup> Je jünger der Patient, desto größer ist das Risiko für eine Reluxation.<sup>132</sup> Im Hochleistungssport kann die Luxation eine Karriere langfristig gefährden oder sogar beenden.<sup>37</sup>

Die **chronisch rezidivierende Luxation** tritt nach traumatisch erworbenen oder angeborenen Veränderungen auf.<sup>115</sup>

In 90% der Fälle sind Patellaluxationen und Subluxationen allerdings **atraumatischer** Genese und multifaktoriell bedingt.<sup>34</sup> Pathologische Veränderungen sowie Normabweichungen der statischen und passiven Stabilisierungsfaktoren haben dabei einen Einfluss. Bis zu 90% der Luxationen korrelieren mit einer Skelettanomalie.<sup>6,38,50,67</sup> Hierzu

gehört das Malalignment, das die Achsabweichung der Patella aufgrund von dysplastischen Faktoren umschreibt. Dazu zählen die Dysplasien der Patella, die Achs- und Torsionsfehlstellungen, ein erhöhter Abstand zwischen Tuberositas tibiae und trochlearer Grube (TTTG Abstand) von über 20 mm oder eine, unter Umständen vererbte, Trochleadysplasie.<sup>30,33,43,54,84,91,160</sup>

Weiterhin spielt das Maltracking, das eine Dysbalance zwischen Musculus vastus medialis und M. vastus lateralis beschreibt, bei der atraumatischen Patellaluxation eine Rolle. Eine Lähmung oder Atrophie des M. vastus medialis obliquus und ein vergrößerter Quadrizepsvektor von über 15° zählen ebenfalls hierzu. Außerdem können eine generalisierte Bandlaxizität und eine teilweise oder vollständige Ruptur des medialen patellofemoralen Bandes das Kräftegleichgewicht beeinflussen.<sup>7,30,82</sup>

Die Einzelfaktoren führen in Kombination zu einer Lateralisation der Patella, indem die Kraft der lateralen Anteile des M. quadriceps femoris und des Tractus iliotibialis die Patella aus ihrer Führung nach lateral ziehen.<sup>43,74,146</sup>

Die Inzidenz für eine **habituelle atraumatische Patellaluxation** ist bei Patientinnen zwischen dem zehnten und siebzehnten Lebensjahr sowie bei Patientinnen ab dem 60. Lebensjahr am höchsten.<sup>6,50,146,149</sup>

Die **neurogene Patellaluxation** wird durch abnormem Zug des M. vastus lateralis, wie beispielsweise bei einer Tetraparese, hervorgerufen.<sup>110</sup>

Bei der meist beidseits auftretenden, **kongenitalen Form** sind angeborene Erkrankungen wie das Ehlers-Danlos-, das Marfan- sowie das Down-Syndrom als ursächlich zu nennen.<sup>105,149</sup> Hierbei ist die Patella hypoplastisch, der valgische Kniestreckapparat nach lateral verlagert.

Sowohl bei der traumatischen als auch bei der atraumatischen Luxation kann die Patella durch Anspannung des Quadrizeps reponiert werden. Als Folge kann es dabei zu einer lateralen oder medialen Abscherfraktur an der Femurkondyle kommen, einer sogenannten flake fracture.<sup>9,123</sup> Diese kann beim betroffenen Patienten zu Gelenkblockaden und Schädigungen des Knorpels führen.

## 1.2. Anatomie und Biomechanik

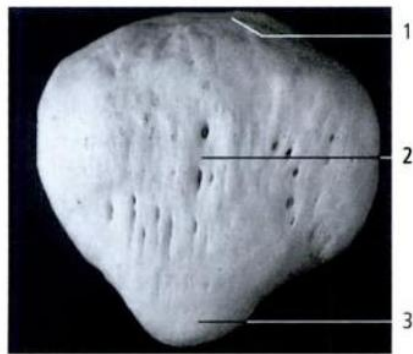
### 1.2.1. Anatomie und Biomechanik der Patella

Die Patella verstärkt als größtes Sesambein des Körpers die Hebelwirkung des M. quadriceps femoris. Durch die Abhebung des Muskels von der Gelenkfläche des Knies wird seine Effizienz vor allem in der Endphase der Streckung gesteigert. In Streckung vergrößert die Patella das Quadrizepsmoment um 30%, in 30° Flexion um 15%. Zusätzlich dient sie der Verbesserung des Gleitvorgangs während Flexion und Extension und zum Schutz des Kniegelenks vor einem direkten Trauma.<sup>13,79,115,149</sup>

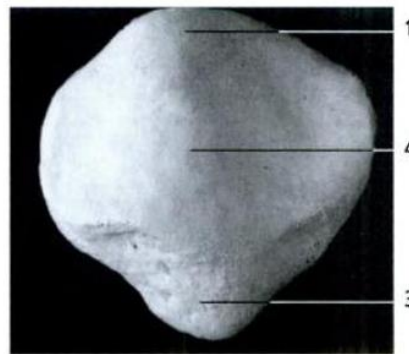
Aus dem Knorpelkern im Bereich der Patellasehne entwickelt sich ab dem fünften Lebensjahr das Os patellare. Die Patellaform wird einerseits erblich mitbestimmt, andererseits bestimmen Mechanik und gewebsmodellierende Kräfte die Entwicklung der individuellen Patellaform.<sup>67,115</sup> Die Patella muss im Lauf des Lebens Druck, Zug und Biegung standhalten. Hier spielen vor allem die Verhältnisse der Beinachsen sowie die Art der Bewegung und Belastung während des Wachstums eine Rolle.<sup>21,22,64,155,160</sup>

Bei Betrachtung der Patella lässt sich erkennen, dass die Basis patellae proximal und der Apex patellae distal liegen. Die Länge und Breite der Patella liegen im Bereich von ca. 4 bis 5 cm, die Dicke beträgt 2 bis 3 cm.<sup>66,115</sup>

Die vordere Patellafläche, die sog. Facies anterior, ist aufgeraut und von Furchen und Rillen durchsetzt, s. Abb. 1. Diese dienen der besseren Anheftung des Ligamentum patellae. Die Rückfläche der Apex grenzt an den Hoffa-Fettkörper an, den sog. Corpus adiposum infrapatellare.<sup>115</sup>



**Abb. 1.1** Patella (von vorne)  
 (aus: Rohen et al. 2002, S. 427)  
 1 Basis patellae  
 2 Facies ant. patellae  
 3 Apex patellae



**Abb. 1.2** Patella (von hinten)  
 (aus: Rohen et al. 2002, S. 427)  
 1 Basis patellae  
 2 Facies ant. patellae  
 3 Apex patellae  
 4 Facies articularis patellae

Abbildung 1: Die Anatomie der Patella<sup>115</sup>

Die dorsale Patellagelenkfläche, die Facies articularis, ist bis auf den Apex mit hyalinem Knorpel überzogen. Die Patella besitzt im Vergleich zu allen anderen Gelenken die dickste Knorpelschicht, sie kann bis zu 6 mm dick werden. Die subchondrale Gelenkfläche kann sehr variabel sein. In voller Extension ruht die Patella auf dem Recessus suprapatellaris, im Verlauf der Flexion gleitet die Patella von proximal nach distal auf der Trochlea. Die Patella artikuliert von distal nach proximal mit der Trochlea. Wie in Abb. 2 und 3 zu sehen, artikuliert in zwei Dritteln der Fälle bei starker Flexion über 135° die sog. Odd Facette mit der medialen Kondylenwanne und führt die Patella.<sup>115</sup>

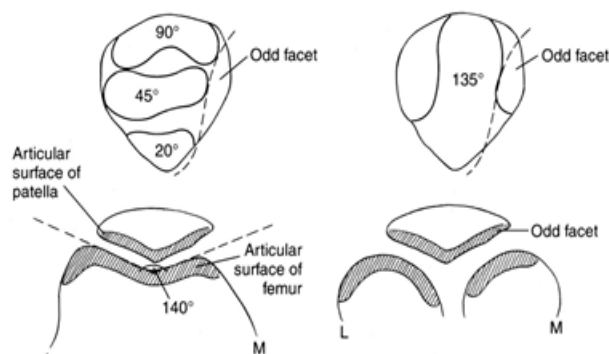


Abbildung 2: Blick auf die Patellarückseite und ihren Kontakt mit dem Femur in den versch. Flexionswinkeln, M = medial, L = latera<sup>113</sup>

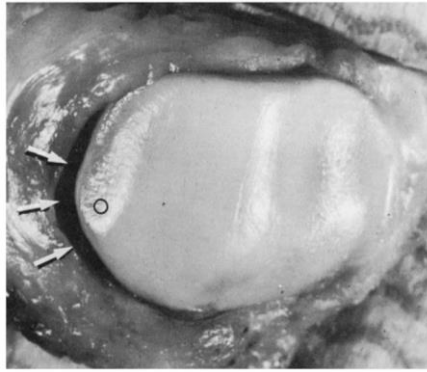


Abbildung 3: Patellarrückfläche, Pfeile zeigen auf Odd Facette<sup>114</sup>

Im Randbereich der Patella ruht die Facies articularis auf der Gelenkkapsel des Knies auf. Der mediale und der laterale Anteil der Gelenkoberfläche bilden den Patellaöffnungswinkel, der normalerweise 120° bis 140° beträgt.<sup>46</sup>

Die Patella ist in die Verlängerung der Quadrizepssehne, in das Lig. patellae, eingelassen. Tiefe Sehnenanteile setzen an der Basis patellae an, distal verläuft das Lig. patellae bis zur Tuberositas tibiae. Auf diese Weise kann der für die Stabilität des Kniegelenkes wichtigste Muskel seine Kraft voll entfalten. Die Ansatzzonen der Sehne beinhalten Knorpelstrahlungen, weshalb man hier häufig Knochenneubildungen in Form von Spornen beobachten kann, die aber keinen Krankheitswert besitzen.<sup>115</sup> Das bindegewebige Retinaculum bildet eine Kapsel um das Gelenk mit Verstärkung nach medial und lateral und besteht aus drei Schichten.<sup>66,87,115</sup>

Der Druck, der auf das patellofemorale Gelenk wirkt, setzt sich aus dem Vektor der Quadrizepssehne und dem Vektor des Lig. patellae zusammen. Es konnte gezeigt werden, dass der tendofemorale Kontakt eine entscheidende Rolle bei der patellofemorale Stabilität und bei der Entlastung der retropatellaren Gelenkfläche spielt.<sup>72,73</sup> Die femoropatellare Kompressionskraft entspricht bei 30° Flexion ungefähr dem Körpergewicht, bei 60° Flexion beträgt die Kraft etwa das Vierfache des Körpergewichtes und nimmt bei größerer Flexion wieder ab.<sup>80</sup> Wird die Zugkraft des M. quadriceps femoris und der Kniescheibenanpressdruck auf eine größere Fläche verteilt, wie dies bei intaktem Knorpel der Fall ist, verringern sich somit die patellofemorale Spitzendrücke und entlasten das Gelenk.<sup>66,112,115</sup>

### **1.2.2. Anatomie und Biomechanik des patellofemorales Gelenks – die statischen Faktoren der patellofemorales Stabilität**

Das patellofemorales Gelenk und die Femurachse zählen zu den statischen Faktoren der patellofemorales Stabilität. Das patellofemorales Gelenk setzt sich aus Patella und Trochlea femoris zusammen, letztere dient als Gleitlager für die Kniescheibe. An ihr wird die mediale und laterale Kondylenwanne unterschieden.<sup>87</sup>

Das Zusammenspiel des patellofemorales Gelenks wird maßgeblich durch die Trochleamorphologie beeinflusst, welche sehr variabel ausgebildet sein kann. Eine Trochlea mit symmetrisch ausgebildeten Kondylenwangen tritt selten auf und wird als Euplasie bezeichnet. In den meisten Fällen nimmt der laterale Femurkondylus nach proximal weiter an Größe zu, die laterale Trochlea ist daher höher und breiter ausgebildet als der mediale Femurkondylus. Der tiefste Punkt der Trochlea verlagert sich dadurch mehr nach medial, die Trochlea wird hypoplastisch.

Die laterale Facette verhindert durch ihre Formung eine mediolaterale Translation der Patella, die Trochlea wird von proximal nach distal tiefer und sorgt für die Zentrierung der Patella in der Trochlea. Zusätzlich wird dem lateralisierend wirkenden Quadrizepsvektor durch die laterale Trochleofacette eine anatomische Barriere entgegengestellt.<sup>2,46,68,115,146</sup>

Das Ausmaß der stabilisierenden Wirkung der statischen Faktoren kommt vor allem während der Flexion zum Tragen. In voller Extension bis 90° Flexion befindet sich die Patella proximal des trochlearen Gleitlagers, und artikuliert mit dem Femur. Ab einem Flexionsmaß von 90° steht die Patella mit den Femurkondylen in Kontakt und versinkt bei Flexion weiter zwischen den Kondylen. Hier überwiegt die knöchernen Stabilisierung im Gegensatz zur Weichteilstabilisierung.<sup>34,62</sup>

### **1.2.3. Anatomie und Biomechanik der passiven Stabilitätsfaktoren – das MPFL als wichtigster Faktor**

Am medialen Halteapparat der Patella sind vier unterscheidbare Strukturen beteiligt, die in drei Schichten angeordnet sind. Als primärer statischer Weichteilstabilisator fungieren das mediale patellofemorales Ligament (MPFL) und das mediale patellomeniskale Ligament (MPML). Darüber hinaus sind das oberflächliche mediale Retinaculum und das mediale patellotibiales Ligament (MPTL) ergänzend beteiligt.<sup>31,67,157</sup>

Das Retinaculum superficiale mediale bildet die erste Schicht, es zieht von der antero-medialen Tibia nach proximal an die distale Patella. Senkrecht zum Retinaculum verlaufen die Fasern des medialen patellotibiales Ligamentes (MPTL).



Zwischen der zweiten und dritten Schichte des Retinaculum verlaufen das MPFL und das Lig. collaterale tibiale.

Die dritte Schicht wird vom medialen patellomeniskalen Ligament (MPML) gebildet. Es verbindet die Patella mit dem medialen Meniskus. Hierbei handelt es sich um eine Ansammlung von Fasern im Bereich der medialen Begrenzung des Hoffa'schen Fettkörpers, die am inferioren medialen Patelladrittel direkt distal des MPFL münden.<sup>133</sup>

In Abb. 4 ist der Verlauf des MPFL zu sehen. Das MPFL weist eine Länge von 45 bis 64 mm, eine Breite von 8 bis 25 mm und eine Dicke von 0,8 bis 2,5 cm auf.<sup>4,16,31,109</sup> Der anatomische Ursprung des MPFL befindet sich zwischen der knöchernen Insertion des M. adductor magnus und dem Tuberculum adductorium. Zusammen mit Anteilen des M. vastus obliquus setzt es aber auch fächerförmig am Tuberculum adductorium an.<sup>4,31,35</sup> Das MPFL verläuft entlang des medialen Femurkondylus und inseriert am medialen Drittel der Patellakante.<sup>4,31,78,131</sup> Vermisst man die Anteile, ist der Ursprung des MPFL 1,9 mm anterior und 3,8 mm distal zum Tuberculum adductorium definiert.<sup>97</sup>

Das MPFL garantiert mit 50 bis 80% Anteil an der Zugfestigkeit die Stabilität der passiven medialen parapatellaren Weichteilstruktur.<sup>31,131,138, 156</sup>

Das MPFL fungiert als Widerstand und spannt sich an, sobald eine lateralisierende Kraft auf die Patella einwirkt. Weiterhin bestimmen in voller Extension, bei geringerer patellofemorale Kontaktfläche, die medialen patellofemorale Weichteile und Zugkräfte die laterale Translation der Patella.<sup>31</sup> Das mediale Retinaculum und das MPFL sind hier maximal gespannt und wirken einer Subluxation entgegen. Wird das Knie gebeugt, sind zwischen 30° und 40° das mediale Retinaculum und das MPFL entspannt und üben keine stabilisierende Wirkung auf die Patella aus. Ab hier limitiert die trochleare Führung eine Luxationsbewegung. Dieser Übergang ist besonders kritisch, die Gefahr einer Patellaluxation ist hier am größten.<sup>23,31,35,60,71</sup>

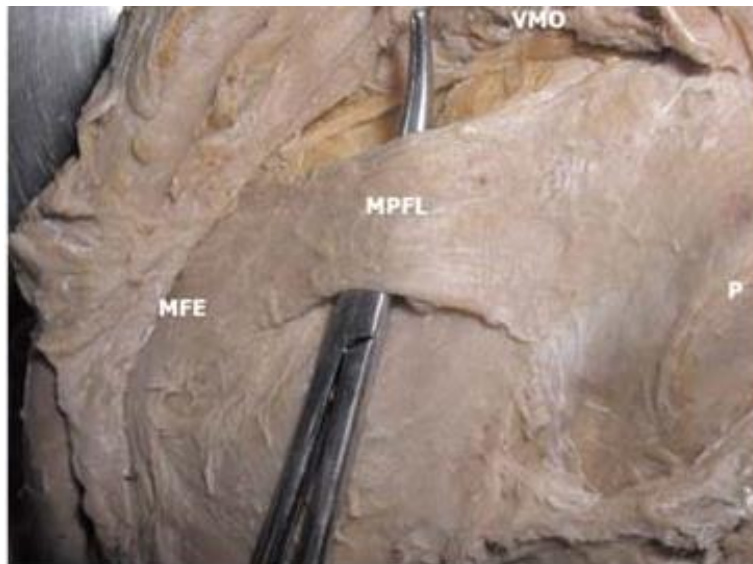


Abbildung 4: Darstellung des MPFL am Kadaverknie, Fächerform deutlich zu erkennen, MFE = medialer femoraler Epicondylus, P = Patella, VMO = Vastus medialis obliquus<sup>5</sup>

Die laterale Begrenzung lässt sich in zwei Schichten unterteilen. Die äußere Schicht dient als Hauptstabilisator. Sie besteht aus lateralem Retinaculum, Tractus iliotibialis, Lig. collaterale laterale und der Sehne des M. biceps femoris. Die innere, zweite Schicht dagegen setzt sich aus der Sehne des M. popliteus und der Capsula articularis zusammen.<sup>52</sup>

Anteile des Retinaculums ziehen in den Recessus suprapatellaris und in den M. vastus accessorius ein. Distal des lateralen Retinaculums inserieren Faserzüge in das Septum intermusculare, in den Tractus iliotibialis, in den lateralen Meniskus und setzen schließlich an der Tuberositas tibiae an.

Die Aufgabe des lateralen Retinaculums besteht zum einen darin, die Steigung der lateralen Trochlea fortzuführen und einer Subluxation nach lateral entgegenzuwirken. Zum anderen verhindert die muskuläre, dynamische Kontrolle ein Abkippen und Ausweichen der Patella nach medial.<sup>23,35,52</sup>

#### **1.2.4. Anatomie und Biomechanik der aktiven Faktoren – die Quadrizepsmuskulatur**

Der M. quadriceps femoris, bestehend aus vier Anteilen, zentriert die Patella in Flexion, Extension und Rotation.

Sind die Anteile der Quadrizepsmuskulatur gut und ausgeglichen ausgebildet, ist die Wahrscheinlichkeit für ein Luxationsereignis selbst bei einer knöchernen Dysplasie

geringer. Unter physiologischen Bedingungen wird die Patellalateralisierung bei Beugewinkeln zwischen 15° und 75° nicht von physiologischen Muskelkräften beeinflusst.<sup>43,118</sup>

Die Aktivierung der Muskulatur kann einer erhöhten ligamentären Laxizität kompensierend entgegenwirken. Hautamaa et al. konnten zeigen, dass in 30° Flexion die Applikation von 25 N auf den zentralen Anteil der Quadrizepssehne eine messbare Reduktion der Patellatranslation bewirkt. Dies ist auf den erhöhten patellofemorale Anpressdruck durch den Quadrizeps zurückzuführen.<sup>62</sup>

Eine weitere wichtige Rolle spielt der Kraftvektor des M. vastus medialis obliquus (VMO). Er zieht vom Tuberculum adductorium mit seinen Faserzügen in das MPFL mit ein und wirkt der Patellalateralisierung entgegen.<sup>31</sup>

Je nach Gelenkstellung/Alignment des Streckapparates wird die Patella unter unphysiologischen Bedingungen durch den muskulären Kraftvektor aus der Trochlea nach lateral gezogen. Bei einer Insuffizienz des medialen Halteapparates, fehlender lateraler trochlearer Begrenzung oder erhöhtem TTTG Abstand, kann ein stark ausgebildeter M. vastus lateralis obliquus die Patella sogar nach lateral luxieren, dies gilt besonders bei einer subluxierten Patella.<sup>44,118</sup> Zwischen 60° und 90° ist die Patella jedoch durch die Kondylen und Trochlea geschützt.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass der Effekt des M. quadriceps femoris als aktiver stabilisierender Faktor eine ungleiche Wirkung auf die patellofemorale Kinematik besitzt. Es kann sowohl eine unphysiologische Gelenkbeweglichkeit verursacht, als auch verhindert werden. Dies ist abhängig von Größe und Richtung des resultierenden Kraftvektors im Verhältnis zum Bandapparat und der Trochleamorphologie.<sup>43,74,118</sup>

### **1.2.5. Wechselspiel der einzelnen Faktoren untereinander**

In strecknaher Position bis 30° besitzen die passiven Faktoren den größten Einfluss auf die patellare Führung. Ab 30° taucht die Patella in den Sulcus trochlea ein und wird somit von den statischen Faktoren geführt.<sup>44,62,118</sup>

Die passiven und statischen Faktoren scheinen bei der patellofemorale Stabilität eine dominierende Rolle zu spielen, die Stabilität wird vor allem durch die Interaktion der patellofemorale Kontaktfläche bestimmt.

Die Patella kann bei physiologischen, intakten statischen und passiven Stabilisatoren und korrekten Achsverhältnissen nur durch ein direktes Trauma luxieren.<sup>48,60,152</sup>

### 1.3. Ursachen der patellofemorale Instabilität

#### 1.3.1. Trochleadysplasie

Die Unterteilung der Trochleadysplasie erfolgt nach Déjour und ist charakterisiert durch eine abgeflachte, medialisierte Trochlea.<sup>2,62,70</sup>

Von der variablen Form des Patellagleitlagers ausgehend sind die Übergänge von einer Euplasie bis hin zur Dysplasie fließend.<sup>46</sup> In extrem ausgeprägten Fällen fehlt eine typische Gelenkrolle, wodurch die Facies patellaris der Trochleagrube konvex gekrümmt sein kann. Zusätzlich kann die Neigung der lateralen Trochleafacette erniedrigt sein, die dysplastische Trochleagrube ist dann weiter nach medial verlagert.<sup>68,70</sup> Die Unterteilung erfolgt in Bezug auf die Höhe des Schnittpunktes sowie Symmetrie bzw. Asymmetrie der Femurkondylen. Es werden hierbei vier Typen unterschieden, s. Abbildung 5. Typ A entspricht einer etwas abgeflachten, aber noch erkennbaren Trochlea mit annähernd gleichhohen Kondylenwangen. Bei Typ B ist die mediale Kondylenwanne bereits abgeflacht oder konvex geformt, die laterale Kondylenwanne ist deutlich erhöht, der Sulcus nach medial verlagert. Die mediale Kondylenwanne ist im Gegensatz zur lateralen Kondylenwanne meist stärker von der Dysplasie betroffen. Asymmetrische Trochleafacetten finden sich bei Typ C, wobei die laterale Facette konvex und die mediale Facette hypoplastisch ist. Der Sulcus trochlearis ist hier deutlich nach medial verlagert. Ebenfalls kann hier die Trochleagrube vollständig fehlen. Typ D entspricht Typ C, es kommt jedoch zusätzlich zu einem „Bump“ – einer konvexen Krümmung im Bereich der Facies patellaris um mehr als 3 mm. Typ A und B werden noch als Normvarianten gewertet, Typ C und D gelten als dysplastisch.<sup>68</sup>

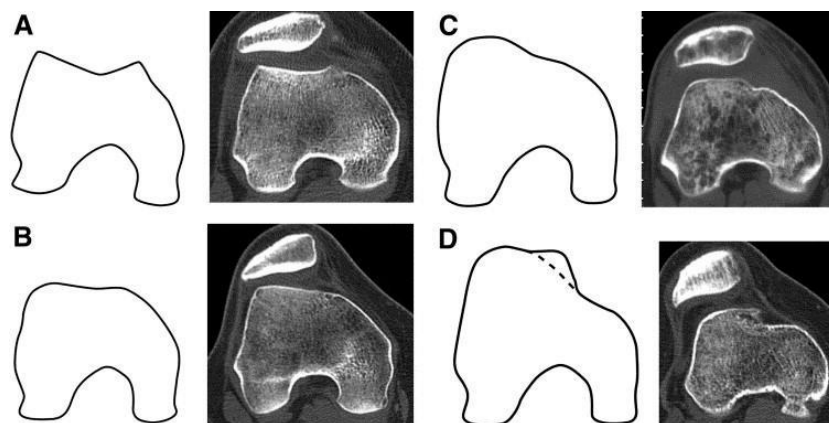


Abbildung 5: Einteilung der Trochleadysplasie nach Déjour, Typ A bis D<sup>33</sup>

Eine Trochleadysplasie ist oftmals erblich bedingt. Durch die Kombination der dysplastischen Faktoren wird der Winkel des femoralen Gleitlagers zu flach und begünstigt dadurch eine Luxation der Patella. Weiterhin verursacht die Trochleadysplasie selbst eine Patella alta, d.h. einen erhöhten TTTG, einen Patella tilt and shift.<sup>42,146</sup> Die Folgen einer zu flachen Trochlea für Patella tilt and shift sind in Abb. 6 zu sehen.

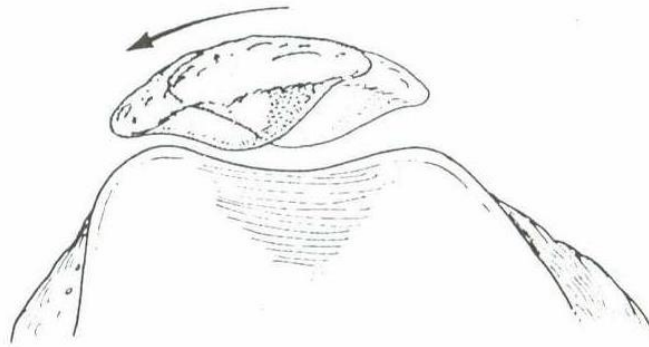


Abbildung 6: Kniegelenk in 30° Flexion mit abgeflachter Trochlea, es fehlt die anatomische Barriere gegen die lateralisierenden Kräfte, tilt und shift vergrößern sich, die Patella gleitet nach lateral<sup>139</sup>

Ein alleiniger Patellahochstand kann bei Heranwachsenden durch den fehlenden Anpressdruck der Patella ebenfalls eine Trochleadysplasie verursachen. Weiterhin besteht die Möglichkeit, dass bei der habituellen Form der Patellaluxation die Kniescheibe nur in Streckstellung im femoropatellaren Gleitlager verbleibt. Durch die vermehrte laterale Belastung entsteht ebenfalls eine hochgradige Dysplasie der Gelenkpartner. Es wird weiterhin angenommen, dass die Trochleadysplasie durch die proximalateralisierte Position der Patella von Kindheit an zu einer Insuffizienz des MPFLs führt.<sup>160</sup> Die Folge davon ist eine nicht adäquate Entwicklung des MPFL.

Bereits 1994 konnte Déjour bei 85% der Patienten mit rezidivierenden Luxationen eine Trochleadysplasie diagnostizieren.<sup>34,42</sup> Hopper und Mitarbeiter untersuchten Patienten mit MPFL Plastik und stellten bei 89% eine milde Trochleadysplasie Typ A/B fest.<sup>71</sup>

### 1.3.2. Erhöhter Q-Winkel und erhöhter TTTG Abstand

Der M. quadriceps femoris zieht ausgehend von der Spina iliaca anterior superior über die Mitte der Patella und von dort aus bis hin zur Tuberositas tibiae. Er bildet mit der Patellasehne den sogenannten Quadrizeps-Winkel, auch Q-Winkel genannt. Der Q-Winkel wird klinisch erhoben und spiegelt die muskuläre Komponente des lateralisierenden Moments auf die Patella wieder.<sup>36</sup> Im Mittel beträgt er bei Männern  $14^\circ \pm 3^\circ$ , bei Frauen hingegen  $17^\circ \pm 3^\circ$ .<sup>14,155</sup> Bei gesunden Personen sollte der Winkel nicht größer als  $20^\circ$  sein. Je größer der Q-Winkel, desto größer ist die lateralisierende Kraft auf die Patella.<sup>148</sup>

Befindet sich die Tuberositas tibiae weiter lateral, vergrößert sich der Abstand zur Trochleagrube und demnach auch der Q-Winkel. Auch bei exzessiver Fußpronation liegt ein vergrößerter Q-Winkel vor. Dies erhöht den seitlichen Gelenkdruck und das seitliche Patella Tracking, welches wiederum zu einer reduzierten Stabilität der Patella führen kann. Es ist jedoch zu beachten, dass ein vergrößerter Winkel nicht unbedingt mit einer patellofemorale Symptomatik einhergehen muss.<sup>36,72,91</sup>

Der Q-Winkel ist in voller Extension am größten und in  $90^\circ$  Flexion am kleinsten. Demnach wird der Q-Winkel nicht nur vom Insertionspunkt beeinflusst, sondern auch vom Beugezustand der Muskulatur und ist somit untersucherabhängig beeinflussbar.<sup>77</sup>

Bei der Bestimmung des TTTG Winkels handelt es sich um eine Methode zur Beschreibung des lateralen Versatzes der Tuberositas tibiae gegenüber dem tiefsten Punkt der Trochlea femoris.

Es besteht eine signifikante Korrelation zwischen Q-Winkel und TTTG Abstand, denn der TTTG Abstand steigt im direkten Verhältnis zu einem ansteigenden Q-Winkel. Während der klinisch erhobene Q-Winkel die muskuläre Komponente widerspiegelt, bezieht sich der TTTG Abstand auf die knöcherne Komponente. Er zeigt eine geringere untersucherabhängige Varianz. Neben den Torsionsfehlstellungen können auch eine Valgusdeformität und eine Trochleadysplasie den TTTG vergrößern.<sup>36</sup> Zu beachten ist, dass der TTTG Abstand vom femoralen Referenzpunkt abhängt. Die Trochleagrube ist dabei bei Patienten mit einer Trochleadysplasie weiter distal gelegen.<sup>154</sup> Daher gilt, dass eine medialisierte Trochlearinne ab Dysplasie Typ C ebenfalls zu einem pathologischen TTTG führen kann, obwohl die Tuberositasposition korrekt ist.<sup>34,142</sup>

Die Beinlängenverkürzung kann einen erhöhten TTTG Abstand bewirken.<sup>36</sup> Weiterhin kann es durch eine Tibia-Außenrotation sowie durch eine häufiger vorkommende Ante-torsion des Femurs zu einem vergrößerten TTTG Abstand kommen. Die Antetorsion des Femurs hat wiederum eine Medialisierung der Trochlea zur Folge, was zu einer

Zunahme des TTTG führen kann. Ein valgischer Femur kann zu einer Kondylendysplasie führen.<sup>36</sup>

### **1.3.3. Abweichung in der Frontalebene und Torsionsfehlstellungen**

Die skelettale Ausrichtung in allen drei Ebenen hat einen bedeutenden Einfluss auf die Führung und Belastung der Patella. Die anatomische Achse des Beines verläuft in der Schaftmitte von Tibia und Femur, welche physiologischerweise einen nach lateral offenen Winkel von 173° bis 175° bilden. Die mechanische Femurachse verläuft vom Zentrum des Hüftkopfes bis zum Kniegelenkszentrum, während die mechanische Tibiaachse vom Kniegelenkszentrum zum oberen Sprunggelenk verläuft. Die Mikulicz Linie beschreibt die Tragachse des Beines, sie verläuft vom Hüftkopfzentrum zum Zentrum des OSG. Durchschnittlich verläuft sie  $4 \pm 2$  mm medial des Kniegelenkzentrums. Ist diese Achse in der Frontalebene nach medial verlagert, so liegt eine Varusfehlstellung vor. Ist diese Linie dagegen nach lateral verlagert, handelt es sich um eine Valgusfehlstellung. Von einem Genu varum spricht man, wenn die Kniegelenkslinie mehr als 15 mm medial der Mikulicz Linie liegt. Im Gegensatz dazu von einem Genu valgum, wenn die Traglinie eine Abweichung von mehr als 10 mm nach lateral aufweist. Genu varum und Genu valgum sind am häufigsten unter den Achsfehlstellungen und besitzen die größte klinische Relevanz. Durch die vermehrte Belastung des äußeren Gelenkspaltes kann das Genu valgum zu einer außenseitig betonten Valgus-Gonarthrose führen. Weiterhin erhöht eine Valgusfehlstellung die Lateralisierungstendenz der Patella durch eine Medialisierung des distalen Femurs.<sup>3,126</sup>

Liegt ein valgisches Knie aufgrund eines verkürzten Femurs oder einer Coxa valga et antetorta vor, kann dies sekundär ebenfalls zu einer Subluxation der Patella führen. Durch die vergrößerte femorale Antetorsion ist die Trochlea unterhalb der Patella nach innen rotiert und die Ausrichtung der Trochlearrinne medial zur Zugrichtung des Quadrizeps verlagert. Da die Tibia aber weiterhin kompensatorisch nach außen rotiert, wird auch das MPFL permanent unter Stress gesetzt.<sup>23</sup>

### **1.3.4. Schädigung des medialen patellofemoralen Ligamentes**

Bei Erstluxation besteht die Gefahr, dass das MPFL und mit ihm oftmals ein Teil des VMO abreißt.<sup>116</sup> Der VMO überlagert das distale Drittel des MPFL und inseriert gemeinsam am medialen Epicondylus. Daher wird in Knieflexion ein stärkerer Zug auf den VMO und somit auch auf das MPFL ausgeübt.<sup>108</sup> In 80% der Fälle reißt daher das MPFL zusammen mit dem VMO am femoralen Insertionspunkt ab.<sup>31</sup>

Zwischen 0° und 30° Flexion ist das MPFL der wichtigste Mechanismus gegen die Patellalateralisierung. Eine Ruptur oder Insuffizienz des MPFL kann daher mit hoher Wahrscheinlichkeit zu erneuten Luxationsereignissen führen. Die Folge einer Ruptur oder Insuffizienz sind ein subjektives Instabilitätsgefühl und die Gefahr der Reluxation. Im Alltag und bei sportlichen Aktivitäten bewirkt dies eine deutliche Einschränkung. Weiterhin besteht die Gefahr der retropatellaren und trochlearen Knorpelläsion.<sup>66,100,112,143</sup>

### **1.3.5. Das laterale Retinaculum**

Der Zug eines zu engen lateralen Retinaculums kann die Patella chronisch subluxieren sowie einen Patella tilt verursachen.<sup>47</sup> Dies kann vor allem in einem valgischen Knie auftreten. Die lateralen Strukturen sind hier verkürzt und stark gespannt, der Gelenkdruck zwischen lateraler Patellafacette und lateraler Trochleawange erhöht.<sup>28</sup> Der Einfluss des lateralen Retinaculums ist aber als eher untergeordnet zu bezeichnen.<sup>7,88</sup>

### **1.3.6. Formvarianten und Dysplasien der Patella**

#### Formvarianten

An der Patella selbst lassen sich gelegentlich Euplasien mit Verkleinerung der medialen Facette beobachten. Sie werden nach Wiberg in Typ 1 bis 5 unterteilt (s. Abb. 7), wobei es sich bei der extremsten Form der Dysplasie um die sog. Jägerhutpatella handelt. Hier ist die mediale Facette stark verkleinert, was oftmals mit einer Abflachung der medialen Kondylenwange am Patellagleitlager vergesellschaftet ist.<sup>13,69,114</sup>



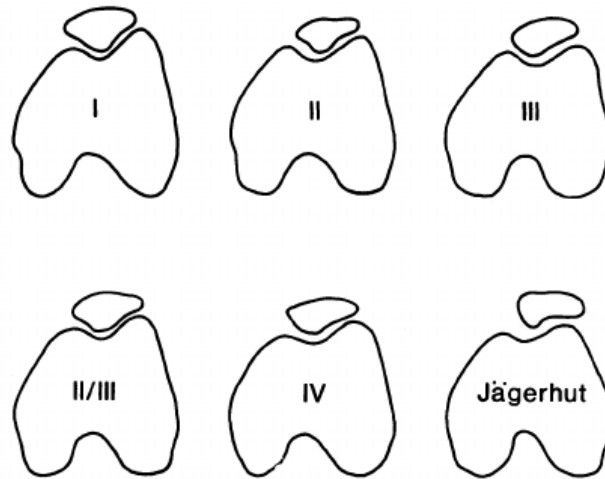


Abbildung 7: Patelladysplasieformen nach Wiberg<sup>115</sup>

### Dysplasien: Patella alta, Patella tilt und Patella shift

Bei der Patella alta handelt es sich um eine zu hochstehende Patella (s. Abb. 8). Sie korreliert signifikant mit einer patellofemorale Instabilität. Die Patella alta wird oft als Teil einer regionalen patellofemorale Dysplasie festgestellt und tritt selten isoliert auf.<sup>9,54,90,93,127,144</sup>

Zur Bestimmung der Patella alta wird der Caton–Deschamps Index, der Insall-Salvati Index oder der Blackburne Peel Index herangezogen.<sup>9,21,24,93</sup>

Durch fehlende oder unphysiologische Kompression der hochstehenden Patella kann es zur Ausbildung einer Trochleadysplasie während der Wachstumsphase kommen. Mangels der fehlenden oder zu flachen Trochlea befindet sich die Patella sogar in Flexion nicht komplett in ihrem anatomischen Gleitlager, sondern liegt der Vorderfläche des Femurs auf und wird nach proximal gedrückt. Ist der Kontakt zum Femur unzureichend, fehlt die Abstützung nach lateral.

Hier könnte nun das MPFL die Patella fixieren. Ist dies jedoch in Folge einer Luxation gerissen oder lediglich hypoplastisch angelegt, fehlt auch dieser stabilisierende Faktor. Mit erhöhter Patella steigt die Wahrscheinlichkeit der Patellaluxation bei einem Trauma.<sup>54,93</sup>

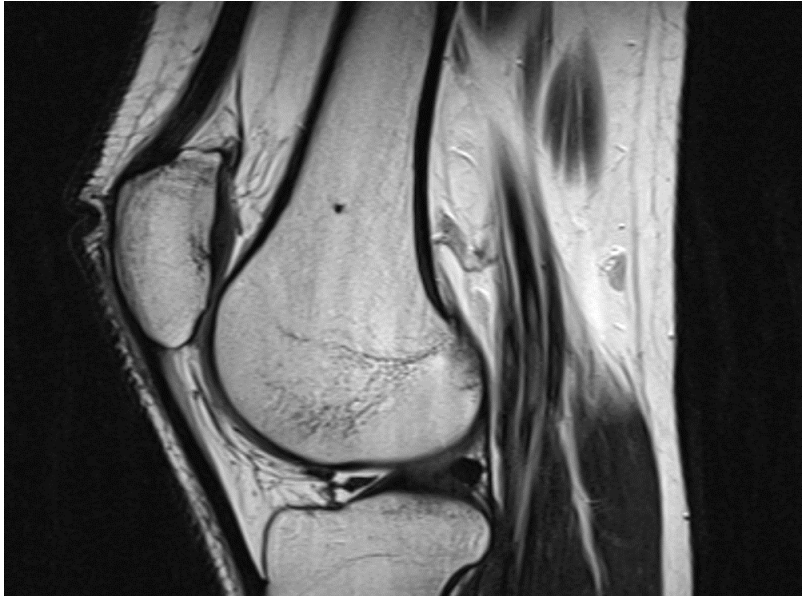


Abbildung 8: Patella alta, UKGM Marburg

Beim Patella tilt besteht eine pathologische Verkipfung der Patella nach lateral. Die Bestimmung des Patella tilts erfolgt in der axialen Aufnahme mit der Methode nach Laurin modifiziert nach Gaudernak, sowie mit der Methode nach Grelsamer. Normalerweise ist der Winkel zwischen Patella und der Horizontalen nach medial geöffnet und sollte bei voller Streckung  $7^\circ$  oder mehr betragen. Von einem Patella tilt spricht man ab einer Verkipfung der Patella von über  $20^\circ$ .<sup>161</sup>

Beim Patella shift wird eine Verschiebung der Patella nach lateral beschrieben, der Patella shift kann so als Kriterium für die Bestimmung des Subluxationsgrades dienen.<sup>34</sup> Liegt die Patella 2,5 mm lateral der Trochlea, so besteht eine Subluxationsstellung.<sup>89,155</sup>

Ähnlich wie bei der Patella alta treten tilt und shift in der Regel nicht isoliert auf, sondern in Folge der knöchernen Gegebenheiten. Beim Vorhandensein einer Trochleadysplasie wird durch die abgeflachte Trochlea ein Einsinken und eine Führung der Patella in früher Flexion verhindert. Dadurch wird die Patella nach proximolateral gedrückt, was zu einer Vergrößerung von tilt und shift führt.<sup>54,144</sup>

### **1.3.7. Zusammenfassung der Risikofaktoren der patellofemorale Instabilität**

Unter physiologischen Bedingungen herrscht ein Gleichgewicht der patellastabilisierenden Kräfte, so dass die Patella nur durch ein massives Trauma luxieren kann. Bereits durch geringe Veränderungen dieser Kräfte wird eine patellofemorale Instabilität bedingt und kann zu einer Subluxationsstellung führen. Eine starke Laxizität der passiven Faktoren und eine pathologische knöcherne Komponente führen zum Versagen

der Kompensationsmechanismen und können ein Luxationsereignis, bereits ohne adäquates Trauma, bedingen. Die Folgen können osteochondrale Läsionen und progrediente degenerative Veränderungen, bis hin zur Femoropatellararthrose sein. Ein alleiniges Malalignment kann nicht zu einer Luxation führen, ohne dass die passiven Stabilisatoren verletzt oder hypoplastisch oder die statischen Stabilisatoren pathologisch verändert sind.<sup>2,3,23,43,44,62</sup>

## **2. Therapieoptionen**

### **2.1. Konservativ**

Liegt eine Erstluxation ohne Knorpelläsion vor, kann die Luxation durchaus erfolgreich konservativ behandelt werden. Es empfiehlt sich eine vorübergehende, zwei- bis dreiwöchige Ruhigstellung in 20° Flexion in einer Knieorthese, begleitet von Antiphlogistika und Kryotherapie. Darauf sollte eine funktionelle Rehabilitation erfolgen. Diese sollte eine Kräftigung des Quadrizepsmuskels beinhalten. Hinzukommen müssen das Stretching des lateralen Retinaculums und das Trainieren der ischiocruralen Muskulatur, des Quadrizeps und der Unterschenkelmuskulatur.<sup>7,29,90</sup> Auch rumpfstabilisierende Maßnahmen sowie das Erzielen eines funktionellen Alignements der unteren Extremität sind wichtig. Des Weiteren wurden das Tragen einer Patellabandage und das Patellataping als hilfreich beschrieben. Das Taping soll die laterale Subluxationstendenz der Patella verringern.

Bei fehlenden, anlagebedingten Ursachen der Luxation ist von einer guten Prognose unter konservativer Therapie auszugehen.<sup>7</sup> Allerdings kann in ca. 17% der Fälle unter der konservativen Therapie ein erneutes Luxationsereignis auftreten.<sup>25</sup> Tatsächlich gelingt ein Ausgleich der muskulären Dysbalance unter konservativer Therapie in nur ca. 50% der Fälle.<sup>101</sup> Das Risiko für eine erneute Luxation ist bei jungen Patienten mit hohem Aktivitätsgrad, mit ausgeprägter patellofemorale Dysplasie und beim Vorliegen einer Patella alta erhöht.<sup>7,25,90</sup> Ab der zweiten Luxation steigt die Wahrscheinlichkeit für weitere Ereignisse auf 50% an.<sup>128</sup> Neben Instabilität kann das Versagen der konservativen Therapie Knorpelläsionen und eine femoropatellare Arthrose mit sich bringen. Insbesondere bei Monoluxationen treten Arthrosen des Patellofemoralgelenks nach konservativer Therapie beinahe doppelt so häufig wie nach operativer Versorgung auf.<sup>95</sup>

Um das Risiko einer Reluxation zu beurteilen, kann der Patella Instability Severity Score bei der Entscheidungsfindung hilfreich sein.<sup>10</sup> Bei rezidivierender Patellainstabilität und Begleitverletzungen ist ein zeitnahes, operatives Vorgehen mit Ersatz des MPFL klar indiziert.<sup>7,25</sup>

### **2.2. Operativ**

Es ist davon auszugehen, dass 30 bis 50% der Patienten nach Patelladislokation, die nicht adäquat operativ versorgt worden sind, an fortbestehenden Instabilitätssympto-

men leiden und/oder ein Malalignment mit früh-arthrotischen Veränderungen der Patella und Trochlea entwickeln.<sup>9,25,61,90,100</sup>

Besonders in atraumatischen Fällen sollte eine chirurgische Intervention erwogen werden, da bei dieser Patientengruppe häufig Dysplasien vorliegen und sie somit ohne operative Versorgung für ein neues Luxationsereignis prädispositioniert sind.

Eine Entscheidungshilfe in Bezug auf ein konservatives oder operatives Vorgehen bietet der Patella Instability Severity Score (PISS). Dabei wird jedem prädisponierenden Faktor ein Punktwert zugeordnet. Bei einem PISS von 5 bis 7 Punkten besteht bereits ein fünffach höheres Risiko für eine Reluxation.<sup>10</sup> Das Versagen der konservativen Therapie mit rezidivierenden Patellaluxationen sowie ein positiver PISS rechtfertigen ein operatives Vorgehen.<sup>49,128</sup> Besonders bei Risikopatienten mit hohem PISS Score kann auch nach Erstluxation eine initiale, operativer MPFL Ersatz mit ggf. knöchernem Begleiteingriff sinnvoll sein.<sup>49,78</sup>

### **2.2.1. Korrektur der statischen, knöchernen Strukturen**

#### Trochleaplastik

Eine Trochleaplastik ist eher selten indiziert. Sie kommt bei hochgradiger Gleitlagerdysplasie und passiver Instabilität ab einer Beugung von 30° in Frage. Déjour modifizierte die Technik nach Albee und Masse und vertiefte die Trochlea erstmals unterhalb der Knorpelschicht.<sup>33</sup>

Bei dem Operationsverfahren nach Bereiter und Gautier wird nach parapatellarer lateraler Arthrotomie die Trochlea freigelegt, indem die Patella nach medial abgekippt wird.<sup>84</sup> Nach Abheben einer Knorpelknorpelschuppe von der Trochlea wird diese im Anschluss so modelliert, dass eine Vertiefung der trochlearen Grube entsteht. Dadurch wird ein physiologisches Gleitlager mit einem lateral ansteigenden Widerlager erzielt. Die Knorpelknorpelschuppe wird in diese Grube adaptiert und der neu geformten Trochlea angepasst. Abschließend erfolgt die Refixation des Knorpels an die Femurkondylen mittels Vicrylbändern oder einer transossären Naht, wie in Abb. 9 zu sehen ist.

Durch die Herstellung einer anatomischen Trochleagrube kann die patellofemorale Stabilität wiederhergestellt und der patellofemorale Anpressdruck normalisiert werden.<sup>11</sup> Die Trochleaplastik wird daher als suffizientes Mittel gesehen, um bei Patienten mit einer hochgradigen Trochleadysplasie und rezidivierenden Patellaluxationen eine Stabilität zu erreichen.<sup>85</sup> Bei chronischer patellofemoraler Instabilität wird die Trochleaplastik immer mit einer Rekonstruktion des MPFL kombiniert.<sup>11</sup>

Nach alleiniger MPFL Plastik ohne Trochleoplastik ist die postoperative Zufriedenheit bei Patienten mit milder Trochleadysplasie höher als bei Patienten mit ausgeprägter Trochleadysplasie. Zudem ist die Anzahl der Patienten, die zu normaler sportlicher Aktivität zurückkehren konnten, höher als die Anzahl der Patienten mit ausgeprägter Dysplasie.<sup>71,84</sup>

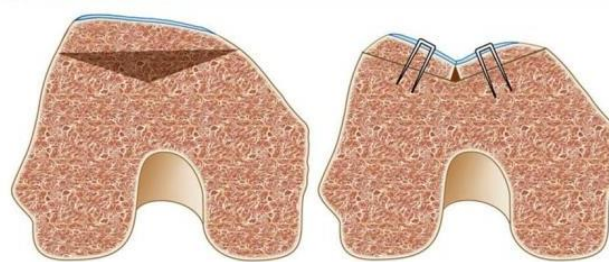


Abbildung 9: Trochleoplastik, Entfernung eines subchondralen Knochenkeils, Befestigung mittels Vicrylbänder<sup>56</sup>

### Derotationsoperationen

Bei ausgeprägten Torsionsfehlstellungen ist eine Korrekturosteotomie im Tibia- und Femurbereich in Erwägung zu ziehen. Bei Vorliegen eines luxationsfördernden Genu valgum von über 15 mm medial der Mikulicz-Linie (s. 1.3.3.) ist eine suprakondyläre Umstellungsosteotomie indiziert, da eine Valgusfehlstellung die Lateralisierungstendenz der Patella durch eine Medialisierung des distalen Femurs erhöht (s. Abb. 10).<sup>126</sup>



Abbildung 10: Operative Versorgung einer Valgusfehlstellung, öffnende Oberschenkelosteotomie oberhalb des Kniegelenkes, bei Stabilisierung durch Plattenfixateur<sup>8</sup>

Bei einer Coxa antetorta kann es infolge einer Femuranteversion zu einer sekundären Subluxation der Patella kommen, da alle Partien distal des Femurs eingedreht werden. Eine alleinige Coxa antetorta wird nur bei massiven Gangstörungen derotiert. Durch Verbesserung der Biomechanik können vorzeitige arthrotische Veränderungen verhindert werden.<sup>57</sup>

### Versatz der Tuberositas tibiae zur Korrektur des TTTG Abstandes

Bei einem erhöhten TTTG Abstand von über 20 mm oder einer Patella alta sollte an ein distales Realignment mit Versetzung der Tuberositas tibiae gedacht werden. Als Anteromedialisierung kann diese Operation auch bei degenerativen lateralen Gelenkschäden bei Patellalateralisation sinnvoll sein. Die Stabilisierung wird durch eine Verringerung des Patella tilts und durch eine Medialisierung des Patellalaufes sowie durch ein früheres Eintauchen der Patella in ihr femorales Gleitlager erreicht.<sup>30,41,111</sup>

Roux etablierte als Erster den Tuberositasversatz, gefolgt von Hauser mit der Distalisierung und Medialisierung des Vastus medialis.<sup>52</sup> Weiterhin wurde die Venteromedialisierung der Tuberositas tibiae mit Unterlagerung eines Stück Beckenkamms nach Maquet Bandi durchgeführt. Diese Verfahren wurden aber für weniger invasive Verfahren verlassen. Aktuelle und gängige Operationstechniken sind die Medialisierung der Tuberositas tibiae nach Elmslie-Trillat, Blauth Mann und die Anteromedialisierung nach Fulkerson. Dabei wird eine Kombination aus proximalem und distalem Realignment durchgeführt. Die Tuberositas tibiae wird ventralisiert und medialisiert.<sup>116</sup>

Für beide Operationsmethoden gilt eine schwere degenerative Veränderung des medialen patellofemoralen Gleitlagers als Kontraindikation, da sich postoperativ die Druckbelastung im medialen Anteil erhöht.<sup>65</sup>

Osteotomien der Tuberositas tibiae sind erst nach Schluss der Wachstumsfugen durchführbar. Die Osteotomie würde sonst zu einem Genu recurvatum und einer Beinverkürzung führen, was sich wiederum negativ auf die Patellaführung in Extensionsstellung auswirken würde.<sup>58,143</sup> Weiterhin gilt zu beachten, dass der Insertionspunkt der Patellasehne nur gering medialisiert werden sollte, um eine Überkorrektur zu verhindern.<sup>22,96</sup> Ab 10 mm Medialisierung wird der mediale Knorpel unverhältnismäßig stark in Mitleidenschaft gezogen und die Gefahr einer medialen Luxation erhöht. Eine zu große Distalisierung der Patella muss ebenfalls vermieden werden. Es könnte sonst ein erhöhter retropatellarer Druck mit Schmerzen die Folge sein. Ferner gilt zu beachten, dass es nach Eingriffen am Streckapparat durch einen Tuberositasversatz zur patellofemoralen Kontaktflächenwanderung nach proximal kommen kann. Degenerative Veränderungen am Gelenkknorpel können hier die Folge sein.<sup>148</sup>

Eine Distalisierung der Tuberositas tibiae bei Trochleadysplasie muss kritisch betrachtet werden. Sie hätte eine Korrektur der Patella alta zur Folge, aber das Grundproblem der dysplastischen Trochlea ließe sich nicht beheben.<sup>154</sup>

Als Nachteil der Operation galt früher eine späte, aber relativ hohe Rezidivrate der Patellaluxation mit bis zu 35%.<sup>22,115</sup> Die Patella wurde zwar zentriert, aber ein möglicher Patella tilt nicht korrigiert. Hierdurch entsteht ein erhöhter patellofemorales Anpressdruck mit spätarthrotischen Veränderungen. Zudem ist die Gefahr einer medialen Instabilität erhöht. Außerdem kann eine übermäßige Distalisierung der Tuberositas tibiae zu einer verminderten Flexion im Kniegelenk führen.<sup>1,22,41,148</sup>

Aktuelle Studien zeigen eine Relaxationsrate von bis zu 3,7%.<sup>7,26,86,117,150</sup>

## 2.2.2. Korrektur der passiven Weichteilstrukturen, mediale Raffung laterales Release und MPFL Plastik

### Mediale Raffung

Bei insuffizientem medialem Kapsel-Bandapparat ist eine mediale Raffung möglich.<sup>164</sup> Hierbei wird der mediale Kapselanteil mit einer diametrischen Nadel durchstoßen, gestrafft und verknotet, s. Abb. 12.<sup>150</sup>

Ziel der medialen Raffung ist die Umlenkung der aktiven Stabilisatoren, um eine bessere patellare Führung zu gewährleisten. Ein rupturiertes MPFL wird hierbei nicht miterfasst.<sup>106</sup>

Aus der medialen Raffung heraus resultiert ab 60° Beugung ein erhöhter patellofemorales Anpressdruck und somit auch eine geringere Luxationsgefahr. Einhergehend damit besteht jedoch eine erhöhte Gefahr von Schmerzen und degenerativen Knorpelerkrankungen.<sup>60,106,164</sup> Isoliert bietet diese Operation langfristig keinen Vorteil und ist höchstens als Zwischenlösung bei offenen Wachstumsfugen möglich.

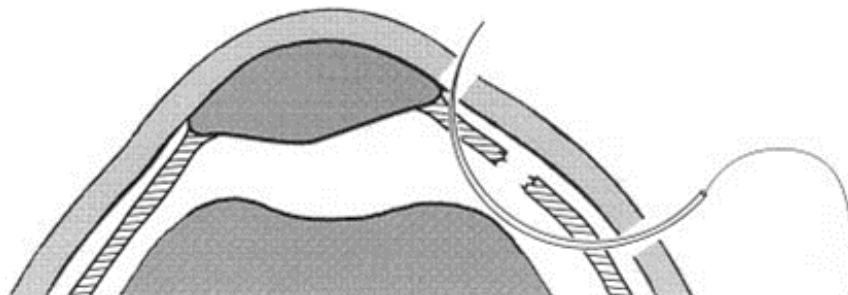


Abbildung 11: Mediale Raffung<sup>64</sup>



## Laterales Release

Ein isoliertes laterales Release wurde lange Zeit als Methode der Wahl herangezogen. Man ging davon aus, es sei bei einer erhöhten passiven medialen und lateralen Verschiebung hilfreich und könne der Ausbalancierung der Kräfte im Kniegelenk dienen.<sup>47,152</sup>

Biomechanische Studien haben gezeigt, dass ein alleiniges laterales Release die femoropatellare Instabilität eher erhöht und nicht als suffiziente Methode zur Behandlung bei rezidivierenden Patellaluxationen geeignet ist. Bei Patienten mit Patella alta, Patella Dysplasie oder Trochleadysplasie ist ein alleiniges laterales Release sogar kontraindiziert.<sup>15</sup> Das Knie kann einer direkt einwirkenden Kraft weniger gut standhalten und die Gefahr einer Subluxation oder Luxation ist nach einem lateralen Release sogar erhöht.<sup>15,49</sup>

Selten kann die Patella auch iatrogen bedingt nach lateralem Release nach medial luxieren. Ähnlich einer muskulären Atrophie mit fehlender dynamischer Kontrolle von Patellaabkipfung und -zentrierung verhält es sich bei einem isolierten lateralen Release. Durch die getrennte Verbindung zum Tractus iliotibialis fehlt die dynamische Kontrolle der Patella. Hieraus resultiert eine mediale Instabilität.<sup>125</sup> Es wurde allerdings auch eine mediale Translation ohne vorausgegangenes laterales Release beschrieben, dies ist aber eher als Ausnahmefall zu werten.<sup>122</sup>

Die isolierte Spaltung des lateralen Retinaculums bei Patellaluxationen führte zu einer Versagensquote von ca. 40%. Ebenfalls wurde berichtet, dass ein laterales Release zu einer Erhöhung der Inzidenz von avaskulären Nekrosen und Stressfrakturen der Patella führen kann.<sup>63</sup> Bei patellofemorale Arthrose hat sich ein laterales Release ebenfalls nicht als hilfreich erwiesen.<sup>18,28,76</sup> In Studien an Kadaverknien konnte gezeigt werden, dass ein laterales Release bei einem normal konfigurierten Retinaculum keinen positiven Effekt auf den Gelenkdruck besitzt.<sup>49,73</sup> Weiterhin zeigte sich in einigen Fällen, dass kein Unterschied zwischen alleiniger MPFL Plastik ohne laterales Release und MPFL Plastik mit lateralem Release bestand.<sup>15,23,108</sup> Ohne einen spezifischen Nachweis des zu engen seitlichen Gewebes sollte daher kein laterales Release durchgeführt werden.<sup>15,32,121,156</sup>

Diese Operation hat heute nur bei kontraktum lateralem Retinaculum mit positivem tilt ohne Subluxation oder Luxation der Patella oder bei Kombinationseingriffen eine Berechtigung.<sup>49,53,124</sup> Weiterhin ist zu beachten, dass das laterale Retinaculum erst bei Beugegraden von über 60° eine stabilisierende Wirkung besitzt. Die Durchführung eines lateralen Release zur Behebung des vergrößerten strecknahen tilts und shifts ist daher aus biomechanischer Sicht nicht sinnvoll. Weiterhin kann es der Entlastung bei

isolierten, einseitigen Schmerzen, verursacht durch das laterale Hyperkompressionsyndrom, dienen. Ziel ist es hierbei, den Zug nach lateral zu verringern und die Patella wieder nach medial gleiten zu lassen.<sup>47,75</sup>

### MPFL Plastik

Durch die Identifizierung oben genannter Bandstrukturen wurden in jüngster Zeit mehrere neue Techniken entwickelt, welche die Rekonstruktion der medialen Stabilisatoren, genauer gesagt des MPFL, bewirken sollen. Bei der MPFL-Rekonstruktion wird entweder eine Naht oder ein Ersatz des MPFL mittels Bandplastik durchgeführt. Eine Naht macht nur bei exakter Lokalisation der Ruptur und bei qualitativ guten Bandverhältnissen des MPFL Sinn. Ziel der MPFL Plastik ist es, eine mediale Begrenzung kurz vor der maximalen Extension zu ermöglichen und dabei gleichzeitig eine zu starke Straffung zu vermeiden, um ein ausreichendes Bewegungsausmaß zu garantieren.<sup>135,137,138</sup>

Es werden verschiedene MPFL Rekonstruktionstechniken beschrieben, bei denen Transplantatauswahl, Patellafixierungstechnik, Graftspannung und Flexionswinkel während der Fixierung eine Rolle spielen.<sup>3,135</sup>

Als Transplantat wird in der Regel eine Sehne des M. gracilis verwendet, es handelt sich um eine Sehne aus der Adduktorengruppe. Mit 204 N besetzt der M. gracilis eine höhere Reißfestigkeit als das MPFL. Es ist ebenfalls möglich, eine Sehne des M. semitendinosus zu verwenden, oftmals ist diese jedoch, besonders bei jungen Patienten, im Verhältnis zum ursprünglichen MPFL, zu kräftig ausgebildet. Beim Vorliegen einer Trochleadysplasie bietet sich eine stärkere Sehne an, z.B. die des M. adductor longus, um der Lateralisation entgegenzuwirken. Immer häufiger kommt auch ein Quadrizepssehnengraft zum Einsatz, dabei wird die ursprüngliche Insertionsstelle am oberen Patellapol beibehalten.<sup>39,40,42</sup>

Die Fixierungstechnik für das Transplantat an der Patella kann grundsätzlich in Tunnel- oder Nahttechnik unterschieden werden. Das Transplantat wird entweder durch einen vorgebohrten Tunnel in die Patella gezogen, gefaltet und am vorderen Patellapol fixiert oder das Transplantat wird durch einen zweiten Tunnel in der Patella zurückgezogen und medial fixiert, was als „loop Technik“ bezeichnet wird. Bei der Nahttechnik wird auf eine Patellatunnelung verzichtet, stattdessen dienen Anker oder Nähte als Fixierung.<sup>59,99,135,145</sup>

Das Transplantat wird neben der Fixierung in der Patella mittels Bohrkanal und resorbierbarer Interferenzschraube am Femur fixiert.<sup>59,119,135</sup> Die exakte anatomische femorale Insertionsstelle ist bei der OP als äußerst wichtig zu bewerten. Der Punkt befindet

sich in der Mitte zwischen dem Tuberculum adductorium und der medialen Kondyle, zwischen der knöchernen Insertion des Adductor magnus und dem Tuberculum adductorium.<sup>4,30,34,109,135</sup> Durch die korrekte Positionierung kann eine optimale Funktionsfähigkeit gewährleistet werden.<sup>19,41,71</sup>

Bei Kindern und Jugendlichen ist zu beachten, dass die femorale Insertion des MPFL distal der femoralen Wachstumsfuge liegt. Da eine zu proximale femorale Insertion des Transplantats bei der MPFL-Rekonstruktion zu einer ungewollten Spannungszunahme der Knieflexion führen kann, sollten diese Ergebnisse bei der MPFL-Rekonstruktion bei Kindern und Jugendlichen mit offenen Wachstumsfugen berücksichtigt werden.<sup>67</sup>

Die Schwierigkeit in der genauen Lokalisation und Darstellung der femoralen Insertion liegt darin, dass viele verschiedene Strukturen am Epicondylus medialis zusammenreffen. Das MPFL wird von distalen Anteilen des VMO überlagert. Zusätzlich strahlen Fasern des MPFL in dessen tiefer liegende Anteile ein. Eine exakte Differenzierung dieser Strukturen ist v.a. nach einer Läsion schwierig.<sup>109</sup>

Reproduzierbare, radiologische Landmarken helfen dabei, die korrekte Insertionsstelle des MPFLs zu identifizieren und kommen durch intraoperative Bildgebung zum Einsatz.<sup>120,134</sup> In der operativen Praxis wird meist die Definition nach Schöttle verwendet, wie in Abb. 13 zu sehen. Auf einem streng seitlichen Strahlengang wird eine gedachte Verlängerung der posterioren Femurkortikalis mit jeweils zwei Senkrechten dazu geschnitten. Eine verläuft durch den proximalen Anteil des Condylus medialis femoris, die andere Senkrechte verläuft durch den am weitesten posterior gelegenen Punkt der Blumensaatlinie. Der korrekte Insertionspunkt liegt unmittelbar ventral der Verlängerung der posterioren Femurkortikalis zwischen den beiden Senkrechten.<sup>134,135</sup>

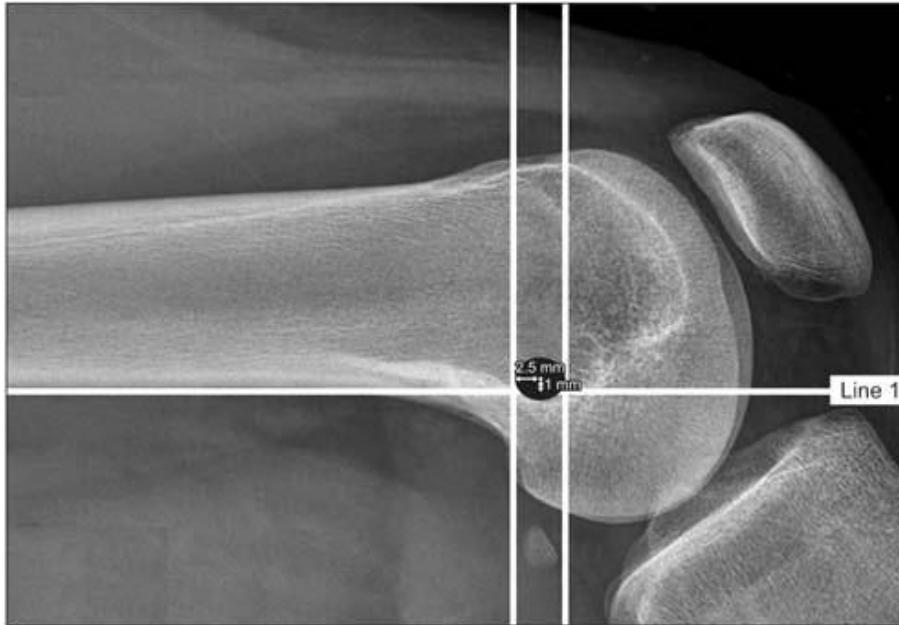


Abbildung 12: Der Schöttle Punkt. Zwei Linien werden senkrecht zur Linie 1 gezogen, 1 mm anterior zur Linie 1 und 2,5 mm distal zum posterioren Ursprung der medialen Kondyle<sup>134</sup>

Die Fixierung des Transplantats im femoralen Tunnel wird in 30° Flexion empfohlen, da das MPFL seine maximale Widerstandskraft in 30° Beugung vollständig entfalten kann und die Lateralisierungstendenz der Patella hier am Höchsten ist.<sup>3,135</sup> Bevor der Lauf der Patella geprüft wird, muss sichergestellt sein, dass der vollständige Bewegungsumfang erhalten ist.<sup>135,141</sup> Die MPFL Plastik sollte in der Extension angespannt und in der Flexion entspannt sein.

Die oben beschriebene Tunneltechnik geht mit einer geringeren Gesamtkomplikationsrate als die reine Nahttechnik einher. Die Gesamtkomplikationsrate aller Methoden liegt bei 26,1%. Hierzu gehört auch das Risiko einer Patellafraktur.<sup>141</sup> Die Reluxationsrate nach einer MPFL Plastik liegt bei 4%. Bei korrekter Indikationsstellung fällt die Reluxationsrate sogar noch niedriger aus.<sup>27,158</sup> Zu den Komplikationen zählen ein Verlust der Kniebeweglichkeit, die Notwendigkeit der Entfernung symptomatisch gewordener Implantate und prominentes, als störend empfundenes, Fixierungsmaterial.<sup>41</sup> Ferner können Wundheilungsstörungen, Entfernung von infiziertem Gewebe, erneute OP aufgrund von Dislokation und Subluxation sowie eine Hämatomausräumung als Komplikationen auftreten.<sup>135</sup>

Außerdem muss eine Überkorrektur vermieden werden, um eine mediale Luxation der Patella, ein Transplantatversagen, zu hohe patellofemorale Drücke oder eine Verminderung des Bewegungsausmaßes zu verhindern.<sup>41,135</sup>

Bei Patienten mit isoliertem Knorpelschaden zeigte sich eine Kombination aus MPFL Plastik und Chondrozytenimplantation als klinisch zielführend.<sup>143</sup> Die Kniefunktion und der Schmerz konnte nach einer MPFL Rekonstruktion auch bei pädiatrischen Patienten verbessert werden.<sup>94</sup> Das klinische Ergebnis bei Patienten mit einem leicht erhöhten TTTG Abstand ist ebenfalls zufriedenstellend.<sup>96,108</sup> Ebenfalls positiv zu bewerten ist ein verbesserter Caton-Deschamps Index nach MPFL Plastik.<sup>71</sup>

Faktoren, die das Ergebnis einer MPFL Plastik verschlechtern können, sind eine exzessive femorale Anteversion und schwerwiegende Trochleadysplasien.<sup>71,103</sup> Patienten mit schwerwiegender Trochleadysplasie vom Typ C/D neigen signifikant häufiger zu rezidivierenden Luxationen.<sup>31,71</sup> Auch kann der patellofemorale Druck nach einer MPFL Plastik bei flacher oder konvexer Trochlea stark erhöht sein, was zu Schmerzen führen kann.<sup>11</sup> Bei Patientinnen über 30 mit Knorpelschaden und einem BMI von über 30 zeigten sich subjektiv schlechtere klinische Ergebnisse.<sup>42</sup> Weiterhin wurde ein schlechteres Ergebnis für eine MPFL Plastik bei Patienten mit Patella alta, Patella tilt über 20° und stark erhöhtem TTTG Winkel mit notwendigem Tuberositas Versatz nach Wachstumsabschluss beschrieben.<sup>59</sup> Bei skelettalen Anomalien ist eine Kombinationsoperation angezeigt, wie beispielsweise eine Trochleoplastik zusammen mit einer MPFL Rekonstruktion.<sup>11,31</sup>

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die MPFL Plastik in Abwesenheit von schwerwiegenden skelettalen Anomalien das Mittel der Wahl zur Therapie der Patellaluxation darstellt.<sup>3,35,42,107,119,130,131,138,156</sup>

### **2.2.3. Korrektur der aktiven Weichteilstrukturen**

Weichteilzängelige Operationen können bei Kindern notwendig werden, wenn eine unvollständige Ausbildung des patellofemorale Gleitlagers mit mangelnder patellofemorale Stabilität zu erwarten ist. Dabei handelt es sich aber nur um eine Übergangslösung, die eine definitive Versorgung lediglich hinauszögern kann.<sup>115</sup>

Bei stärkerem Genu valgum über 10° ist ein rein weichteiliger Eingriff nicht erfolgsversprechend. Bei dieser Operation vergrößert sich die Druckbelastung des medialen patellofemorale Gelenkes. Daher sind schwere degenerative Veränderungen eine Kontraindikation. Ebenfalls sind dies kongenitale und persistierende Luxationsereignisse. Eine Anteromedialisierung des VMO sollte in diesem Zusammenhang kritisch gesehen werden, da eine Verstärkung der aktiven Stabilität im entspannten Zustand keine Wirkung entfalten kann.<sup>133</sup> Bei einem Torsionsfehler des Unterschenkels mit lateral gelegener Tuberositas tibiae muss dieser nach Abschluss der Wachstumsphase knöchern korrigiert werden.

### Statische Fesselung nach Krogius

Die passive oder statische Fesselung der Patella nach Krogius erfolgt durch Versetzung eines Streifens des Retinaculum von medial nach lateral mit raffender Naht der medial entstandenen Lücke. Sie wird vor allem zur Korrektur eines Patella tilts eingesetzt.

### Aktive Patellazügelung nach Lanz

Im Gegensatz dazu geschieht die aktive oder dynamische Zügelung der Patella nach Lanz/Witt mit Hilfe des Transfers der Sehne des M. gracilis auf die Patellavorderfläche. Es handelt sich hierbei um eine Modifizierung der Technik nach Krogius. Die Sehne wird an der Patellavorderseite so vernäht, dass sie während der Flexion einen Zügelungseffekt ausübt.

### Lateralisierung und Distalisierung des M. vastus medialis nach Madigan

Ein weiterer Weichteileingriff ist die Distalisierung des Vastus medialis nach Madigan. Bei der OP wird eine Lateralisierung und Distalisierung des M. vastus medialis in Kombination mit einem lateralen Release durchgeführt.

### Quadrizepsplastik nach Insall, Medialisierung des Patellasehnenansatzes nach Goldthwait

Die Operation nach Insall/Goldthwait oder proximale Zügelungsoperation wird bei offenen Wachstumsfugen durchgeführt.<sup>139</sup> Die weichteilige Verlagerung des Patellasehnenansatzes nach medial ist bei Patienten vor dem Wachstumsabschluss indiziert, wenn ein pathologischer Quadrizepswinkel verändert werden muss, aber wegen der Gefahr einer Wachstumsstörung eine knöcherne Versetzung der Tuberositas tibiae noch nicht vorgenommen werden kann.<sup>150</sup>

## **2.3. Zusammenfassung und Bewertung der Therapieoptionen**

Beim operativen Vorgehen werden häufig einzelne Teilverfahren kombiniert. Ziel der operativen Therapie ist die Ausbalancierung der Kräfte, welche die Patella im femoralen Gleitlager stabilisieren, um Alltagsbewegungen der Patienten standzuhalten und spätere degenerative Schäden zu vermeiden.<sup>150</sup>

Operativ behandelte Patienten erlitten im Vergleich zu konservativ behandelten Patienten weniger häufig eine erneute Patellaluxation.<sup>25</sup> Es konnte gezeigt werden, dass eine operative Therapie bereits bei Erstereignis, v.a. bei einem hohem PISS Score, indiziert ist.<sup>6</sup>

Klinische und biomechanische Studien haben die Wichtigkeit des MPFL Komplexes zum Schutz vor patellarer Lateralisation gezeigt. Eine alleinige MPFL Naht würde hier zu unbefriedigenden Ergebnissen führen, so dass eine klare Indikation zum MPFL-Ersatz besteht.<sup>1,22,67</sup> Hier gilt es, Patienten mit schwerwiegenden statischen Dysplasien zu erkennen und gegebenenfalls mit einem Kombinationseingriff zu therapieren.<sup>71,103</sup>

Da die Patella in strecknahen Stellungen luxiert, ergibt es aus biomechanischer Sicht Sinn, dass zur Patellastabilisierung die passiven oder statischen Faktoren adressiert werden müssen, die aktiven Faktoren nur einen geringen Einfluss auf die Patella haben und Eingriffe am Streckapparat nicht zur Stabilisierung beitragen.

### 3. Fragestellung, Zielsetzung und Hypothese der Arbeit

Die tibiale Bohrkanaalerweiterung im Rahmen einer vorderen Kreuzbandplastik ist ein bekanntes und gut untersuchtes Phänomen. Mechanische und biologische Faktoren wie Tunnel Fehlpositionierung, Bewegung des Transplantats innerhalb des Tunnels, Fixierungstechnik sowie Interleukine in der Synovialflüssigkeit können zur Entwicklung eines Enlargements des Bohrkanals führen.<sup>112,159,150</sup> Hier konnte gezeigt werden, dass trotz Erweiterung der Bohrkanäle die Stabilität und das klinische Outcome nicht negativ beeinflusst werden.<sup>159,150</sup>

Im Rahmen einer MPFL Plastik wurde bei 40% der Patienten mit resorbierbarer Interferenzschraube ebenfalls ein Tunnelenlargement beobachtet.<sup>17</sup> Hieraus ergibt sich die Frage, ob die im oberen Abschnitt erläuterten Studienergebnisse auch für Patienten nach MPFL Plastik gelten.

Folgende Fragen sollen in dieser Arbeit beantwortet werden:

**„Ist die Erweiterung des femoralen Bohrkanals mit schlechteren klinischen Ergebnissen vergesellschaftet?“**

**„Gibt es einen Zusammenhang zwischen einer Fehlpositionierung des femoralen Bohrkanals nach MPFL-Plastik und einer Erweiterung des Bohrkanals?“**

Mit Hilfe der MRT können eine Bohrkanaalerweiterung und Tunnel Fehlpositionierung detektiert werden. Das klinische Ergebnis wird mittels IKDC Score, Kujala Score und Tegner Score objektiviert. Klinische Ergebnisse und Ergebnisse der Bildgebung werden korreliert und ausgewertet.

Wir vermuten ähnliche Ergebnisse wie in vergleichbaren Studien zur Vorderen Kreuzbandplastik, in denen eine Bohrkanaalerweiterung das klinische Outcome nicht beeinflusst, bei Fehlpositionierung eine Bohrkanaalerweiterung aber durchaus möglich ist.<sup>112,</sup>

<sup>150,159</sup>



## **4. Material und Methodik**

### **4.1. Patientengut**

Von 2009 bis 2014 wurden in der Klinik für Orthopädie und Unfallchirurgie am Universitätsklinikum Marburg Patienten mit rezidivierenden Patellaluxationen mit einer MPFL Plastik versorgt. In der vorliegenden Kohortenstudie wurden Patienten nachuntersucht, bei denen diese OP mindestens 1,5 Jahre zurücklag. Wir konnten 49 Patienten für unsere Studie gewinnen, wovon zwei Patienten an beiden Knien operiert wurden, somit wurden insgesamt 51 Patientenknien untersucht.

Folgende Parameter wurden erhoben: Im Rahmen der klinischen Untersuchung wurden Geschlecht, Alter, Alter zum OP Zeitpunkt, Gewicht, Größe, operierte Körperseite, Bewegungsumfang, Kapselbandstabilität, Patellatracking, Oberschenkelmuskulatur und Achsabweichungen dokumentiert. Weiterhin füllten die Patienten drei verschiedenen Scores zur Objektivierung der klinischen Ergebnisse aus, den Tegner Score, den Kujala Score und den IKDC Score.

Die bildgebende Untersuchung umfasste die Bestimmung der Tunnelposition mittels MRT, Messung des Durchmessers des Bohrkanals an drei Stellen des Tunnels, Patella Höhe, TTTG Abstand, Zustand des retropatellaren und trochlearen Knorpels und das Vorliegen einer Trochleadysplasie.

### **4.2. Operationstechnik und Nachbehandlung**

Die Operation erfolgt nach Weiler und Schöttle.<sup>12,150</sup> Hierbei wird für den MPFL Ersatz eine autologe Gracilissehne verwendet. Die Entnahme der Gracilissehne erfolgt über eine anteromediale Inzision distal der Tuberositas tibiae. Die Sehne wird von ihren Abgängen und dem Pes anserinus abgesetzt und mit dem Sehnenstripper von Muskelresten befreit und mit Vicrylfäden armiert. Am medialen Rand der Patella wird eine 2 cm lange Hautinzision vorgenommen und eine knöcherne Rinne geschaffen. Am proximalen und distalen Ende der Rinne werden zwei Fadenanker mit nicht-resorbierbarem Faden angebracht. Im Anschluss wird die zweite und dritte Schicht des patellofemorale Komplexes bis zum Tuberculum adductorium unterfahren. Danach wird in 30° Beugung über dem Epicondylus medialis der Zugang zur femoralen Insertionsstelle geschaffen. Die korrekte Insertionsstelle wird mit der Methode nach Schöttle aufgesucht. Unter Kontrolle des Bildwandlers wird in einer streng seitlichen Aufnahme posterior zwischen medialem Epicondylus und Tuberculum adductorium ein Zieldraht einge-

bracht. Der Draht wird bis zur Gegenkortikalis überbohrt und eine zweite Fadenschlinge im femoralen Bohrkanal angebracht. Das Transplantat wird zuerst an den proximalen und dann unter leichtem Zug an den distalen Fadenanker geknüpft. Die beiden Enden des Transplantats werden zwischen der zweiten und dritten Schicht des medialen patellofemorales Schicht hindurchgezogen und mit Hilfe der zweiten Fadenschlinge in den femoralen Bohrkanal gezogen und mit einer biomechanischen Schraube fixiert. Dabei entsteht eine dreieckige Konstruktion mit einem proximalen und einem distalen Bündel. Abschließend wird das Patellatracking und das Bewegungsausmaß des Kniegelenkes geprüft.

Postoperativ erfolgt die Anlage einer Knieimmobilisationsschiene in 20° für eine Woche. Für die folgenden zwei Wochen wird die maximale Flexion auf 60° gesteigert, für weitere drei Wochen wird die maximale Flexion auf 90° gesteigert. Innerhalb der ersten beiden Wochen ist die Belastung auf die Hälfte des Körpergewichts begrenzt.<sup>136</sup>

Im Folgenden sind die Operationsschritte bildlich nach der Operationsmethode Weiler / Schöttle dargestellt:



Abbildung 13: Gracilissehne fertig armiert (UKGM, Zentrum für Orthopädie und Unfallchirurgie)

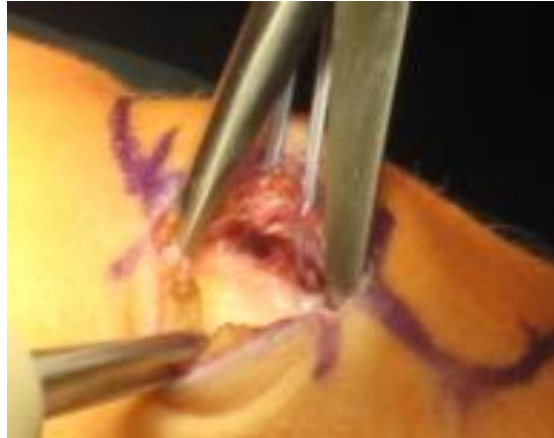


Abbildung 14: Darstellung der Schicht für das Transplantat, zwischen der zweiten und dritten Schicht des Retinaculums (UKGM, Zentrum für Orthopädie und Unfallchirurgie)



Abbildung 15: Zugang an der Patella mit bereits eingebrachten Fadenankern (UKGM, Zentrum für Orthopädie und Unfallchirurgie)

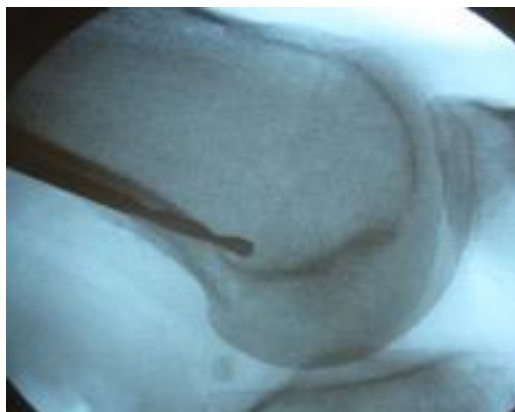


Abbildung 16: radiologische Darstellung der anatomischen Insertion (Schöttle-Punkt) des MPFL am Femur (UKGM, Zentrum für Orthopädie und Unfallchirurgie)



Abbildung 17: Sehne fertig getunnelt und Draht im Bohrkanal (UKGM, Zentrum für Orthopädie und Unfallchirurgie)

#### 4.3. Ein- und Ausschlusskriterien

##### Einschlusskriterien:

- Zustand nach isolierter MPFL-Plastik nach Schmelting und Weiler am Patienten mit rezidivierenden Patellaluxationen vor mindestens einem Jahr

##### Ausschlusskriterien:

- Unfähigkeit sich einer MRT-Untersuchung zu unterziehen (z.B. nicht MRT-taugliche Metallimplantate, Platzangst)
- zum OP-Zeitpunkt vorliegende Begleitverletzungen, die einer operativen Therapie bedurften (z.B. osteochondrale flake fracture, Frakturen, Knorpelschäden, Kreuzbandverletzungen, Verletzungen der Kollateralbänder)
- signifikante Beinfehlstellungen:
  - vermehrte Antetorsion des Schenkelhalses größer als  $20^{\circ}$
  - Außenrotationsfehlstellung des Unterschenkels größer als  $20^{\circ}$
  - Innenrotationsfehlstellung des Oberschenkels größer als  $20^{\circ}$
  - Genu valgum größer als  $5^{\circ}$
- zum OP-Zeitpunkt oder aktuell vorliegende Kapselbandinstabilität des Kniegelenks
- Ablehnung der Teilnahme an der Studie

#### **4.4. Klinische Untersuchung**

Bei allen genannten Maßnahmen handelt es sich um standardisierte Verfahren, die auch im klinischen Alltag Anwendung finden und nicht abgeändert oder für die Studie modifiziert wurden.

##### Inspektion

- Wie stellt sich die Oberschenkelmuskulatur dar?
- Ist das Muskelprofil am operierten Bein ebenso kräftig ausgebildet wie am nicht operierten Bein, sind Differenzen oder Atrophien erkennbar?
- Sind Schwellungen oder Rötungen erkennbar?
- Liegt klinisch eine Achsabweichung vor?
- Stabilitätsprüfung der Patella mit Hilfe des Apprehension Test nach Fairbanks. Der Patient befindet sich in Rückenlage mit ausgestrecktem Bein. Die Patella wird nach lateral verschoben. Spannt der Patient aus Angst vor einer erneuten Luxation reflektorisch die Quadrizepsmuskulatur an, gilt der Test als positiv.

##### Palpation

Wie verschieblich ist die Patella in alle Richtungen, besteht hierbei ein Druck- oder Verschiebeschmerz?

Die Beurteilung des Schmerzes erfolgte mit Hilfe der visuellen Analogskala (VAS).

##### Messung des Bewegungsumfanges

In Rückenlage wird die Flexion/Extension an beiden Kniegelenken mit Hilfe eines Goniometers bei gebeugtem Hüftgelenk ausgemessen, signifikanter Unterschied ab 10° Seitendifferenz.

##### Prüfung der Stabilität des Kapselbandapparates

Das vordere Kreuzband wird mit Hilfe des Lachmann Testes untersucht. Dabei wird das in 30° gebeugte Knie mit der einen Hand am Oberschenkel fixiert und mit der anderen Hand wird der Tibiakopf ruckartig nach ventral gezogen. Besteht im Seitenver-

gleich ein geringerer Anschlag, kann dies für eine Ruptur des vorderen Kreuzbandes sprechen.

Zusätzlich wird der Schubladentest durchgeführt. Das Knie des Patienten wird in Rückenlage in 90° gebeugt. Der Untersucher fixiert mit seinem Gesäß den Fuß des Patienten. Beide Hände umfassen den Schienbeinkopf, der Tibiakopf wird zunächst nach ventral und im Anschluss nach dorsal verschoben.

#### **4.5. Klinische Scores**

##### Tegner Score

Insbesondere zur Erfassung des Aktivitätsniveaus im Beruf, Alltag sowie Freizeit- und Leistungssport hat sich der Tegner Score etabliert. Es handelt sich dabei um eine elfstufige Skala, wobei der Wert Null als niedrigstes Level einer Arbeitsunfähigkeit und/oder Bettlägerigkeit aufgrund der Kniebeschwerden entspricht. Das nationale sowie internationale Niveau bei Kontaktsportarten ist das höchste zu erreichende Aktivitätsniveau mit zehn Punkten. Diese Skalierung ermöglicht eine gute Differenzierung von Funktion und eventuellen Funktionseinschränkungen des erkrankten bzw. operierten Kniegelenkes während des Therapieverlaufs.<sup>151</sup> Der Patient ordnet sich hierbei selbst einem Level zu, einmal vor dem ersten Luxationsereignis und einmal auf dem aktuellen Aktivitätsniveau.

##### Kujala Score

Der Kujala Anterior Knee Pain Score (AKPS) besteht aus 13 Fragen und dient der Evaluierung subjektiver Symptome und funktioneller Limitation bei patellofemorale Störungen. Er wurde speziell für die Diagnostik des vorderen Knieschmerzes erarbeitet, kann aber grundsätzlich bei allen Kniegelenkspatienten benützt werden. Er eignet sich insbesondere auch für Patienten mit Beschwerden des patellofemorale Gelenks und kann auch nach dem Einsatz einer Totalendoprothese benutzt werden.<sup>81</sup> Eine validierte deutsche Version ist bisher noch nicht verfügbar, weshalb der Score von uns ins Deutsche übersetzt wurde.

Er bezieht sich auf die gesamte Bandbreite von häufig durchgeführten Alltagsaktivitäten wie Treppensteigen, längerem Sitzen und sportlichen Aktivitäten wie Joggen und Ballsport. Zudem berücksichtigt der Score Punkte wie Oberschenkelmuskelatrophie und Flexionsdefizite. Dies hat zum Ziel, interindividuelle Unterschiede möglichst gering zu halten. Der Fragebogen kann vom Patienten eigenständig ausgefüllt werden. Dabei

können maximal 100 Punkte erreicht werden, der niedrigste Wert und damit die stärkste Einschränkung liegen bei 0 Punkten.<sup>89</sup>

### IKDC Score

Der IKDC Score (International Knee Documentation Committee Score) dient der subjektiven Evaluation der gegenwärtigen Kniefunktion, der aktuellen sportlichen Betätigung, Symptomatik und Lebensqualität des Patienten. Dieser Score beinhaltet 18 Fragen, wobei zu jeder Frage mehrere Antwortmöglichkeiten mit verschiedenen Punktwertungen angeboten werden. Während der Wert 1 dabei die niedrigste Funktionsstufe bzw. höchste Symptomstufe darstellt, sind fünf Punkte der höchste zu erreichende Wert und entsprechen einem sehr anstrengenden Aktivitätsniveau, das der Patient ohne Beschwerden durchführen kann. Die Frage „Funktionsfähigkeit vor der Knieverletzung“ wird zur Auswertung nicht herangezogen.

Zur Ermittlung des Gesamtergebnisses werden die Einzelergebnisse mit Ausnahme der Frage „Funktionsfähigkeit vor der Knieverletzung“ addiert und zu einer Skala mit dem Bereich 0 bis 100 transformiert. Die Umwandlung erfolgt, indem man vom Rohergebnis die niedrigste mögliche Punktzahl (=18) subtrahiert, das Ergebnis durch den Punktzahlbereich (=87) dividiert und dann wiederum das Ergebnis mit 100 multipliziert.

$$\text{IKDC-Ergebnis} = \frac{\text{Rohergebnis} - \text{niedrigste mögliche Punktzahl}}{\text{Punktzahlbereich}} \times 100$$

Abbildung 18: Berechnung des IKDC Scores

Dieses umgewandelte Ergebnis wird als Maßstab für die Funktionsfähigkeit verwendet, bei dem höhere Punktzahlen eine höhere Funktionsfähigkeit und geringere Symptome repräsentieren. Ein Ergebnis von 100 bedeutet, dass die alltäglichen und sportlichen Aktivitäten keinen Beschränkungen unterliegen und der Patient symptomfrei ist.<sup>83</sup>

#### **4.6. Bildgebende Verfahren**

Zur Bestimmung der Position des femoralen Bohrkanals, der Größe des femoralen Bohrkanals, der Patellahöhe, des Patella shifts, des Patella tilts, des TTTG Abstandes, der Knorpelqualität und einer eventuellen Trochleadysplasie wurden MRT Aufnahmen in der Abteilung für diagnostische und interventionelle Radiologie des Universitätsklini-

kums Marburg unter Leitung von Prof. Dr. Mahnken angefertigt. Betreuender radiologischer Oberarzt der Studie war Herr Dr. Figiel.

Bei dem verwendeten MRT handelte es sich um das MAGNETOM Espree der Firma Siemens mit einer Feldstärke von 1,5 Tesla. Die Software zur Auswertung der Bilder war NUMARIS/4 mit der Version syngo MR B17. Drei T2 gewichtete Sequenzen mit Turbospinecho wurden in drei Raumrichtungen angefertigt, transversal, coronar und sagittal. Die Schichtdicke der Aufnahmen betrug 3 mm, das field of view 200 mm.

Die Messung selbst wurde von Herrn Prof. Dr. Efe durchgeführt. Als erstes erfolgte die Bestimmung der Qualität des trochlearen und patellaren Knorpels und die Bestimmung einer Trochleadysplasie.

#### Bestimmung der Tunnelposition in der sagitalen Aufnahme

Bei der sagitalen Messmethode wurde der Abstand zwischen der medialen Kondylen-gelenkoberfläche und dem Zentrum des femoralen Bohrkanals bestimmt. Hierbei wurde das erste Bild benutzt, auf dem der Bohrkanal in voller Größe zu erkennen und die mediale Kondyle vollständig abgebildet war. Es wurden zwei parallele Senkrechten, einmal durch das Zentrum des Bohrkanals und einmal durch die Außenschicht der Knorpeloberfläche der medialen Kondyle gelegt. Nun wurde der Abstand der beiden Senkrechten zueinander vermessen. Ein Abstand von 20 bis 30 mm galt als korrekte Tunnelposition. Ein Abstand über 30 mm wurde als zu weit anterior, ein Abstand unter 20 mm als zu weit posterior gewertet.<sup>17</sup>



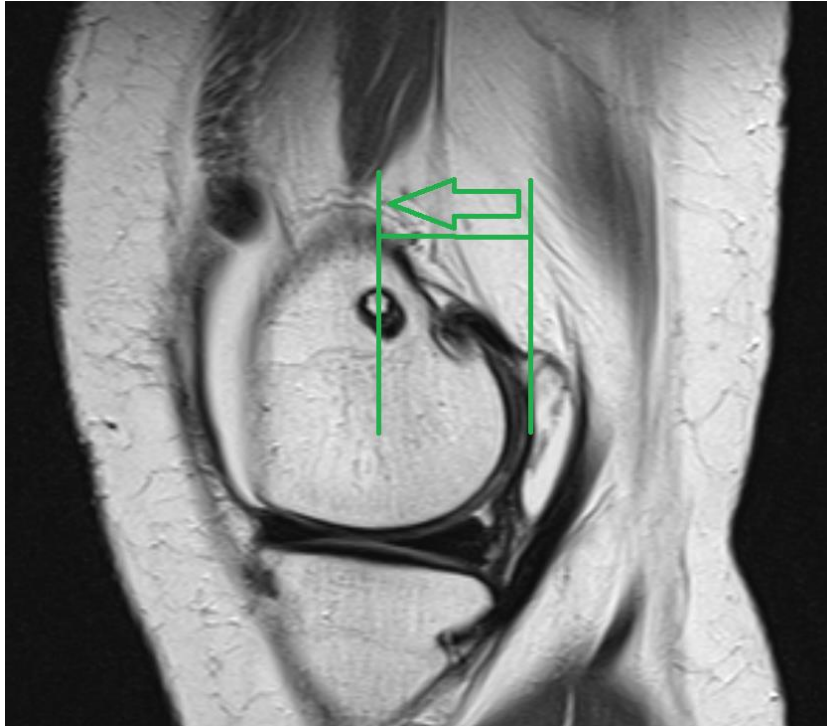


Abbildung 19: Bestimmung der Position des Bohrkanals in der sagitalen Aufnahme, Messung der Strecke ausgehend von der Mitte des Bohrkanals bis zur medialen Kondylengelenkoberfläche, UKGM Marburg

#### Bestimmung der Tunnelposition in der frontalen Aufnahme

Bei der coronaren Messung der Tunnelpositionierung erfolgte die Abstandsbestimmung ausgehend von der medialen Kondylengelenkoberfläche bis zur Mitte des femoralen Bohrkanals. Durch die Knorpeloberfläche der medialen Kondyle wurde eine Gerade gezogen, im rechten Winkel hierzu wurde eine Gerade zum Beginn des Bohrkanals gelegt und ausgemessen. Ein Abstand von 25 bis 35 mm galt als normal. Wenn sich der Tunnel höher als 35 mm befand, wurde er als zu weit proximal platziert gewertet, befand sich der Tunnel unter 25 mm, wurde er als zu weit distal platziert gewertet.<sup>140</sup>

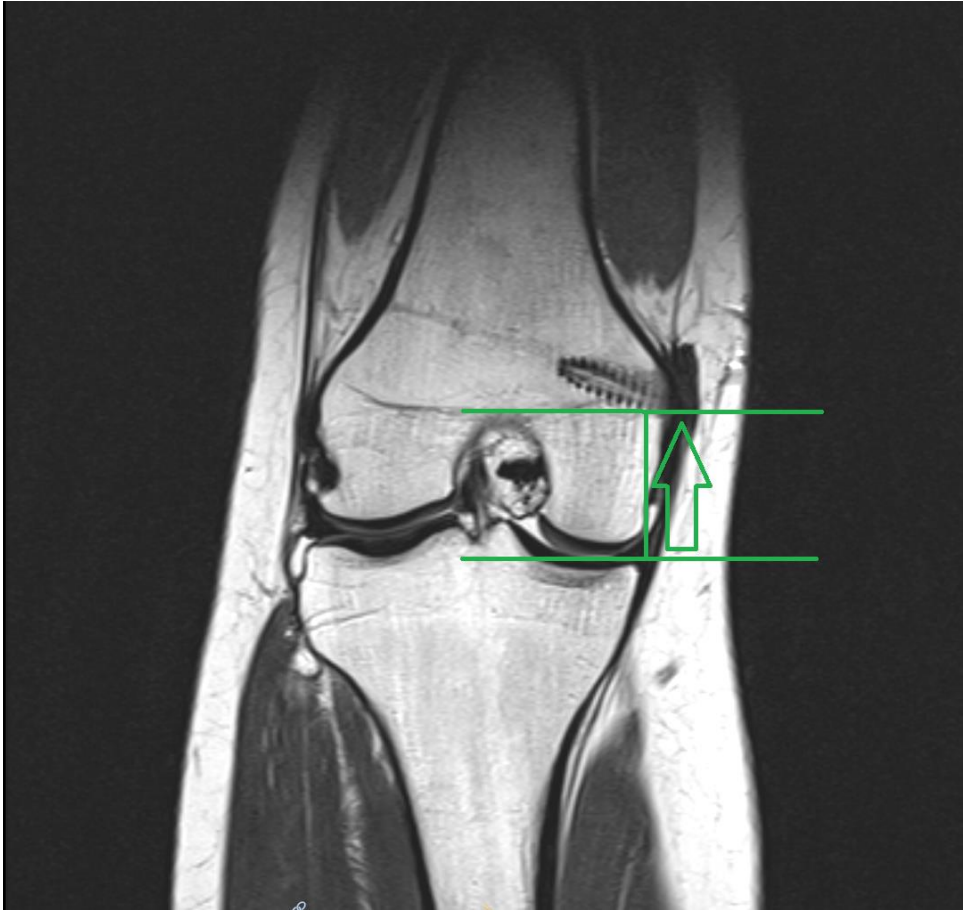


Abbildung 20: Position des Bohrkanals in der coronaren Aufnahme, Messung der Strecke zwischen medialer Kondylengelenkoberfläche bis zum Beginn des Bohrkanals, UKGM Marburg

### Kreisfläche des Bohrkanals

Um ein Enlargement möglichst genau festzulegen, wurde der Bohrkanal an drei Stellen vermessen, zu Beginn des Bohrkanals, in der Mitte und am inneren Ende des Bohrkanals. Bei der Vermessung des inneren Wertes wurde das erste Bild genommen, auf dem die Schraube noch vollständig abgebildet war und sich noch nicht zur Spitze hin verjüngt hatte. Bei einer Schichtdicke von 3 mm wurde im Schnitt alle drei Bilder eine Messung durchgeführt.

Aus jedem der drei gemessenen Durchmesser wurde die Kreisfläche des Bohrkanals bestimmt.

Waren in einer Messung zwei der drei Kreisflächen mindestens doppelt so groß wie die ursprüngliche Kreisfläche des Bohrkanals im OP Bericht, lag ein Enlargement vor.<sup>17</sup>

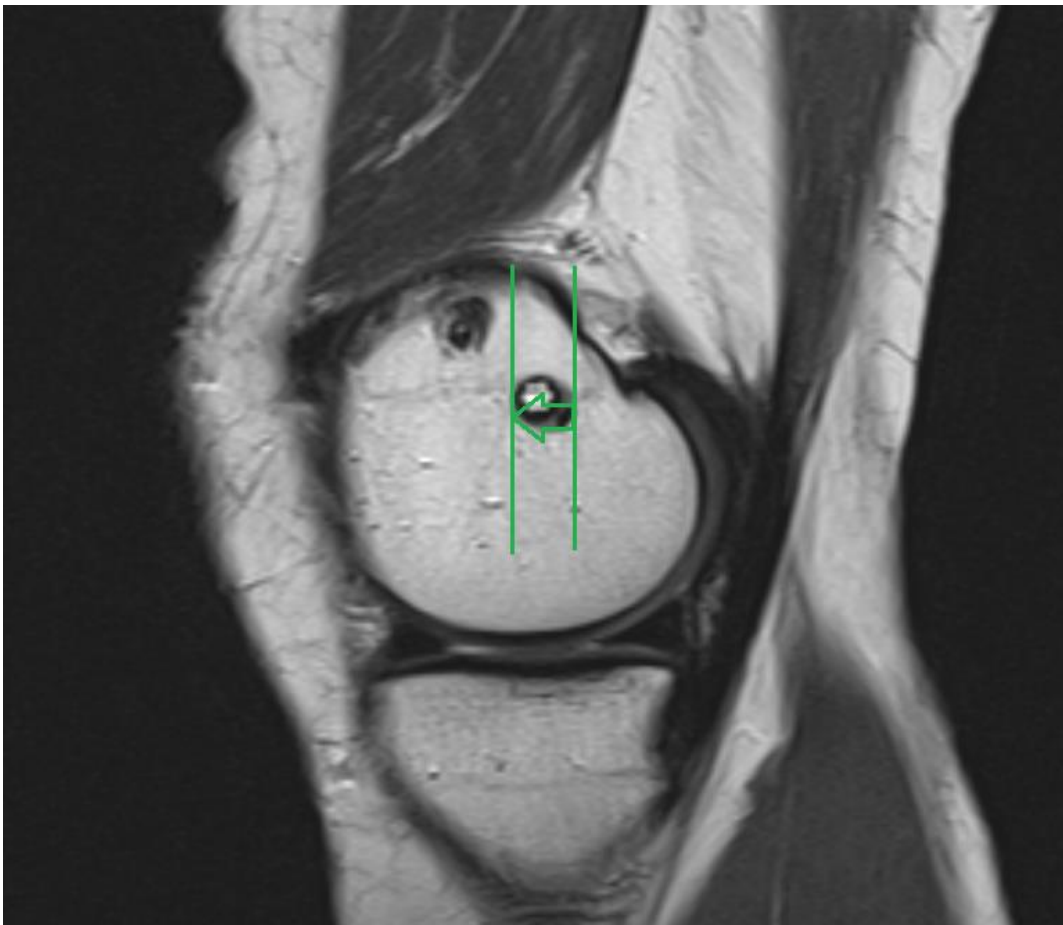


Abbildung 21: Messung des Durchmessers des Bohrkanals, UKGM Marburg

## Patellahöhe

Zur Identifizierung der Patellahöhe wurde der Caton Deschamps Index verwendet. Auf einer sagitalen MRT Aufnahme ließ sich der Index berechnen. Hierfür wurde der Quotient aus dem Abstand der Patellaspitze zur vorderen oberen Knochengrenze der Tibia und der Länge der Patellarückfläche gebildet.

Eine physiologische Patellahöhe lag bei einem Index von 0,6 bis 1,2 vor, eine Patella alta (Patellahochstand) bei Werten größer 1,2 und eine Patella baja (Patellatiefstand) bei Werten unter 0,6.<sup>24,153</sup>

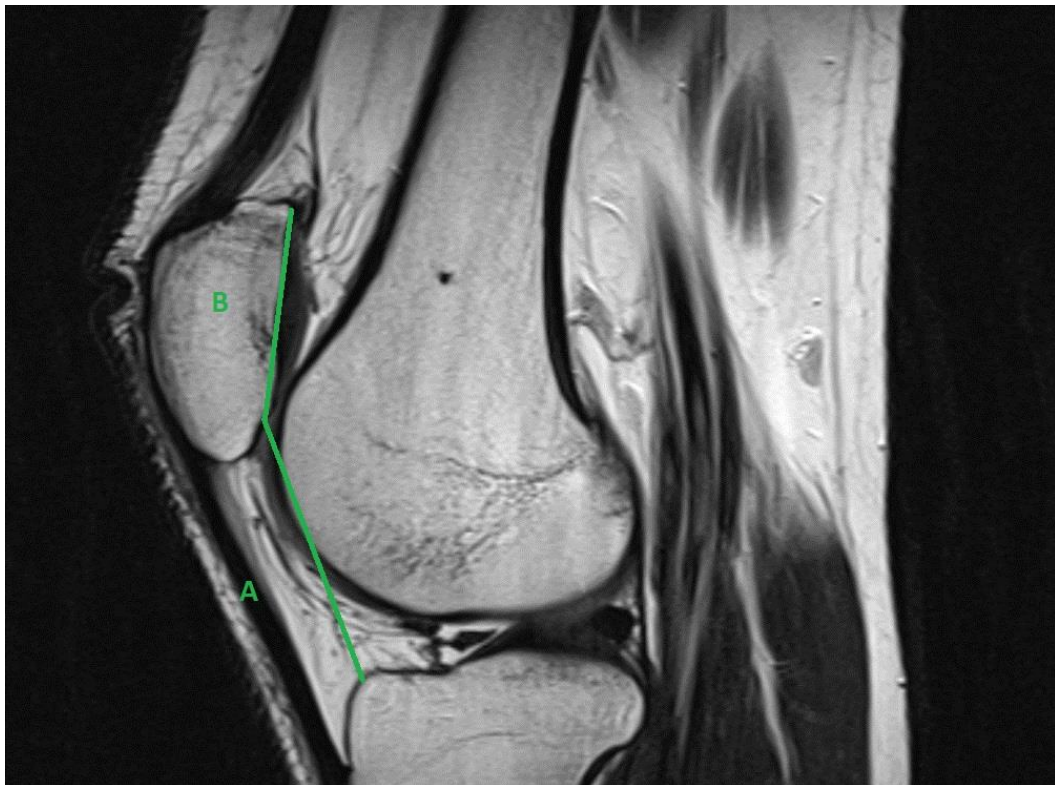


Abbildung 22: Bestimmung der Patella Höhe mittels Caton Deschamps Index, A = Abstand Patellaunterpol zur vorderen oberen Knochengrenze der Tibia, B = Patellarück-

fläche,  $\frac{A}{B} = 0,6 - 1,2$  UKGM Marburg<sup>161</sup>

## TTTG Abstand

Zur Beurteilung des TTTG Abstandes wurden axiale Schnitte benutzt. Es wurde der tiefste Punkt der Trochlea femoris mit dem höchsten Punkt der Tuberositas tibiae übereinandergelegt. Danach wurde der Abstand der lateralen Scheitelpunkte gemes-

sen. Physiologisch war ein Abstand der Tuberositas tibiae zur Trochleagrube von 12 bis 15 mm, pathologisch war ein Abstand ab über 20 mm, s. Abbildung 20.

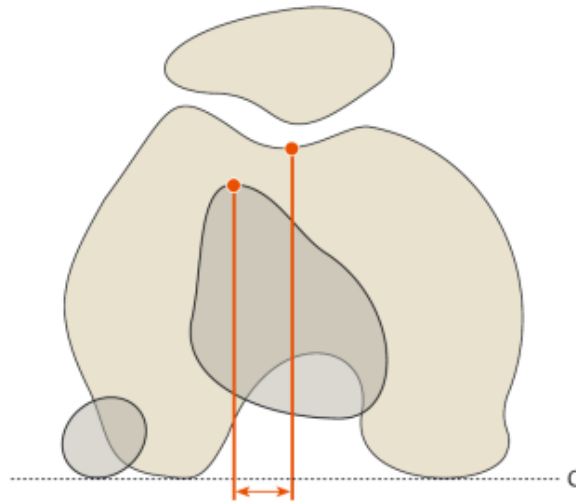


Abbildung 23: Bestimmung des TTTG Abstandes,  $\leftrightarrow$  bestimmt den Abstand der Tuberositas tibiae zu tiefstem Punkt der Trochleagrube, C = Kondylenlinie<sup>161</sup>

#### 4.7. Statistische Auswertung

Die statistische Beratung und Auswertung erfolgte mit Hilfe von Frau Prof. Dr. rer. nat. Nina Timmesfeld des Instituts für medizinische Biometrie und Epidemiologie der Philipps Universität Marburg.

Es wurden die beiden Gruppen

- Patienten mit Tunnelenlargement
- Patienten ohne Tunnelenlargement

miteinander verglichen. Hier wurde der Zweistichproben-t-Test für die quantitativen Variablen und der Fisher's exact für die dichotomen Variablen verwendet. Im Falle einer Ungleichverteilung der Störgrößen, z.B. Alter in den beiden Gruppen, erfolgte eine Adjustierung. In diesem Falle erfolgt die Auswertung mittels einer Kovarianzanalyse (ANCOVA).

## 5. Ergebnisse

### 5.1. Deskriptive Ergebnisse

An der Studie nahmen insgesamt 49 Patienten teil, davon wurden bei 2 Patienten eine beidseitige MPFL Plastik durchgeführt. Somit wurde eine Gesamtzahl von 51 untersuchten Patientenknien erreicht.

34 Patienten (66,7%) waren weiblich und 17 (33,3%) männlich (siehe Tabelle 1). Der BMI lag bei  $24,8 \pm 3,7$  kg/m<sup>2</sup>. Das Alter zum Nachuntersuchungszeitpunkt lag bei  $22,6 \pm 8,5$  Jahre. Die Zeit zwischen OP und Nachuntersuchungszeitpunkt betrug  $3,01 \pm 1,37$  Jahre.

Der Tegner Score vor Erstereignis lag bei  $5,3 \pm 2,0$  Punkten, der aktuelle Tegner Score lag bei einem Wert von  $4,0 \pm 1,4$  Punkten, der Kujala Score bei  $79,9 \pm 15,3$  Punkten und der IKDC Score bei  $74,4 \pm 15,8$  Punkten. Die Flexion betrug im Schnitt  $137^\circ \pm 12,2^\circ$ .

23 Patienten der Gesamtpopulation wiesen eine femorale Tunnelerweiterung auf. Davon waren 12 weiblich und 11 männlich, der BMI in dieser Gruppe lag bei  $24,2 \pm 4,5$  kg/m<sup>2</sup>, das Alter bei follow-up lag bei  $20,6 \pm 7,1$  Jahren, die Zeit bis zum follow-up, lag bei  $3,44 \pm 1,38$  Jahren, der Tegner Score präoperativ lag bei  $5,8 \pm 2,0$  Punkten. Der aktuelle Tegner Score lag bei  $4,2 \pm 1,5$  Punkten. Der Kujala Score lag bei  $83,6 \pm 11,7$  Punkten. Der IKDC Score lag bei  $79,7 \pm 6,9$  Punkten. Das Bewegungsausmaß betrug  $137^\circ \pm 7,5^\circ$ .

28 Patienten der Gesamtpopulation zeigten keine femorale Tunnelerweiterung. Von dieser Gruppe waren 22 weiblich und 6 männlich, der BMI in dieser Gruppe lag bei  $25,2 \pm 2,7$  kg/m<sup>2</sup>, das Alter bei follow-up lag bei  $24,3 \pm 9,2$  Jahren, die Zeit bis zum follow-up, lag bei  $2,68 \pm 1,29$  Jahren, der Tegner Score präoperativ lag bei  $4,6 \pm 1,8$  Punkten. Der aktuelle Tegner Score lag bei  $3,9 \pm 1,1$  Punkten. Der Kujala Score lag bei  $74,9 \pm 16,2$  Punkten. Der IKDC Score lag bei  $70,7 \pm 18,6$  Punkten. Das Bewegungsausmaß betrug durchschnittlich  $136^\circ \pm 15,1^\circ$ .

Bei einem Patienten (2%) ohne Tunnelenlargement fand eine Relaxation statt.

Variable	Gesamtpopulation n=51	Femorale Tunnel- erweiterung, n=23	Keine femorale Tunnel- erweiterung, n=28	p-Wert
Geschlecht	W: 34 (66,7%) Pat. M: 17 (33,3%) Pat.	W: 12 M: 11	W: 22 M: 6	n.s.
BMI	24,8 ± 3,7 kg/m <sup>2</sup>	24,2 ± 4,5 kg/m <sup>2</sup>	25,2 ± 2,7 kg/m <sup>2</sup>	n.s.
Alter bei follow-up	22,6 ± 8,5 Jahre	20,6 ± 7,1 Jahre	24,3 ± 9,2 Jahre	n.s.
Zeit bis follow-up	3,01 ± 1,37 Jahre	3,44 ± 1,38 Jahre	2,68 ± 1,29 Jahre	n.s.
Tegner vorher	5,3 ± 2,0	5,8 ± 2,0	4,6 ± 1,8	0,039
Tegner aktuell	4,0 ± 1,4	4,2 ± 1,5	3,9 ± 1,1	n.s.
Kujala	79,9 ± 15,3	83,6 ± 11,7	74,9 ± 16,2	0,032
IKDC	74,4 ± 15,8	79,7 ± 6,9	70,7 ± 18,6	0,024
Flexion	137° ± 12,2°	137° ± 7,5°	136° ± 15,1°	n.s.
Relaxation MPFL	1 (2%)	0	1	n.s.

Tabelle 1: Zeitpunkt des follow-up, Ergebnisse der Scores der Studienpopulation, Pat. = Patienten, n.s. = nicht signifikant

In Tabelle 2 sind die Korrelationsergebnisse zwischen den Knorpelschäden, Dysplasien und klinischen Scores zusammengefasst. Bei insgesamt 16 Patienten lag ein patellarer Knorpelschaden vor, bei 9 Patienten (17,7 %) lag ein zweitgradiger patellarer Knorpelschaden vor, bei 3 Patienten (5,9%) ein drittgradiger Knorpelschaden und ein viertgradiger Knorpelschaden wurde bei 4 Patienten (7,8 %) diagnostiziert. 9 Patienten (39%) mit femoraler Tunnelerweiterung zeigten einen patellaren Knorpelschaden, hiervon 6 Patienten einen sekundären, ein Patient einen drittgradigen und 2 Patienten einen viertgradigen Knorpelschaden. Bei den Patienten ohne femorale Tunnelerweiterung hatten 7 Patienten (25%) einen patellaren Knorpelschaden. 3 Patienten davon mit einem zweitgradigen Knorpelschaden, 2 Patienten mit einem drittgradigen Knorpelschaden und 2 Patienten mit einem viertgradigen Knorpelschaden. Eine Trochleadysplasie lag gesamthaft bei 44 Patienten (86%) vor. Grad A wurde bei 24 Patienten (47%) gemessen, Grad B bei 13 Patienten (25,5%) und Grad C bei 7 Patienten (13,7%). Bei einem Patienten (2%) wurde eine Patella alta, bei 6 Patienten (11,8%) wurde ein erhöhter TTTG Abstand festgestellt (siehe Tabelle 2).

Variable	Gesamtpopulation, n=51	Femorale Tun- nelerweiterung, n=23	Keine femorale Tunnelerweiterung, n=28	p-Wert
<b>Knorpelschaden Patella</b>	<b>16 (31%)</b>	<b>9 (39%)</b>	<b>7 (25%)</b>	<b>n.s.</b>
2° Knorpelschaden	9 (17,7 %)	6	3	n.s.
3° Knorpelschaden	3 (5,9%)	1	2	n.s.
4° Knorpelschaden	4 (7,8 %)	2	2	n.s.
<b>Trochleadysplasie</b>	<b>44 (86%)</b>	<b>22 (96%)</b>	<b>22 (79%)</b>	<b>n.s.</b>
A	24 (47%)	10	14	n.s.
B	13 (25,5%)	9	4	n.s.
C	7 (13,7%)	3	4	n.s.
D	0	0	0	n.s.
Patella alta	1 (2%)	0	1	n.s.
Erhöhter TTTG Abstand	6 (11,8%)	2	4	n.s.

Tabelle 2: Auswertung der MRT Untersuchung der Studienpopulation,  
n.s. = nicht signifikant



Eine klinisch geringe Valgusfehlstellung lag bei 4 Patienten (7,8%) der Gesamtpopulation vor, eine Varusfehlstellung lag bei einem Patienten (1,9%) vor. Das Apprehension sign nach Fairbanks war bei 3 Patienten (5,9%) positiv. Ein positiver Lachmantest lag bei einem Patienten (2%) der Gesamtpopulation vor. Ein Patella shift lag bei 35 Patienten (68,6%) und ein Patella tilt bei 15 Patienten (29,4%) der Gesamtpopulation vor. Bei 14 Patienten (27,5%) lag ein trochlearer Knorpelschaden vor. Bei 8 Patienten (15,7%) lag ein zweitgradiger trochlearer Knorpelschaden vor, bei jeweils 3 Patienten (5,9%) lag ein dritt- und viertgradiger Knorpelschaden vor. Bei 6 Patienten (11,8%) wurde ein Schraubengranulom diagnostiziert (s. Tab. 3).

<b>Variable</b>	<b>Mittelwert mit SA</b>
<b><i>Achsfehlstellung Valgus:</i></b>	
Normal	47 (92,2%)
Gering	4 (7,8%)
<b><i>Achsfehlstellung Varus:</i></b>	
Normal	50 (98,0%)
Erhöht	1 (1,9%)
Fairbanks	3 (5,9%)
Lachmantest	1 (2%)
Patella shift	35 (68,6%)
Patella tilt	15 (29,4%)
<b><i>Knorpelschaden Trochlea</i></b>	
2° Knorpelschaden	8 (15,7%)
3° Knorpelschaden	3 (5,9%)
4° Knorpelschaden	3 (5,9%)
Schraubengranulom	6 (11,8%)

Tabelle 3: Ergebnisse der Funktionsfähigkeit der Studienpopulation,  
SA = Standardabweichung

## 5.2. Vergleich des klinischen Ergebnisses zwischen den Gruppen mit und ohne Enlargement

28 Patienten von 51 Patienten der Gesamtpopulation entwickelten keine femorale Tunnelerweiterung. Hiervon waren 9 Bohrkanäle (32%) zu weit anterior positioniert, 19 Bohrkanäle (68%) waren anterior/posterior korrekt positioniert. 15 Patienten (54%) der 28 Patienten ohne Enlargement hatten einen zu weit proximal liegenden Bohrkanal, 13 Patienten (46%) proximal/distal einen korrekt liegenden Bohrkanal.

Bei keinem Patienten der Gesamtpopulation wurde ein Bohrkanal zu weit posterior oder zu weit distal platziert.

Von 23 Patienten mit Enlargement war der Tunnel bei 6 Patienten (26%) zu weit anterior positioniert. Bei 17 Patienten (74%) mit Enlargement war der Tunnel korrekt positioniert. Von 23 Patienten mit Tunnelenlargement waren 20 Bohrkanäle (87%) zu weit proximal platziert. Bei 3 Patienten (13%) mit femoraler Tunnelerweiterung war der Bohrkanal an der korrekten Position platziert. Patienten mit einem Enlargement hatten signifikant häufiger eine proximale Fehlpositionierung als die Gruppe ohne eine femorale Tunnelerweiterung (s. Tab. 4).

Tunnelposition	Enlargement	kein Enlargement	p-Wert
	<b>N=23</b>	<b>N=28</b>	
<b>Tunnelposition anterior/posterior</b>			
Korrekte Position anterior/posterior	17 (74%)	19 (68%)	n.s.
Zu weit anterior	6 (26%)	9 (32%)	n.s.
Zu weit posterior	0	0	n.s.
<b>Tunnelposition proximal/distal</b>			
Korrekte Position proximal/distal	3 (13%)	13 (46%)	n.s.
Zu weit proximal	20 (87%)	15 (54%)	p=0,0033

Tabelle 4: Enlargement und kein Enlargement bei Fehlpositionierung des Bohrkanals, n.s. = nicht signifikant

## 6. Diskussion

### 6.1. Allgemeine Diskussion

Bei der Patellaluxation handelt es sich um ein komplexes Krankheitsbild, das vor allem im Kindes- und Jugendalter auftritt und neben dem akuten Trauma zu wiederkehrenden Luxationsereignissen mit daraus resultierenden körperlichen Beeinträchtigungen bei den Betroffenen führen kann. Die Wichtigkeit des medialen patellofemorales Ligamentes wurde in den letzten Jahren zunehmend erkannt und erforscht. Der autologe Ersatz des MPFL mittels Gracilissehne gewann immer mehr an Bedeutung und ist inzwischen einer der favorisierten Methoden zur Stabilisierung des patellofemorales Komplexes.

Ein noch wenig untersuchter Punkt ist die Auswirkung einer Erweiterung der femoralen Fixierung auf das klinische Ergebnis nach MPFL Plastik. Die bisher alleinige Studie zum Thema femorale Bohrkanelerweiterung nach MPFL Plastik wurde von Berard et al. angefertigt und zeigte, dass die femorale Tunnelerweiterung nach MPFL Plastik ein häufiges Phänomen darstellt und keinen Einfluss auf das klinische Outcome besitzt.<sup>17</sup>

Die vorliegende Studie widmet sich daher der Patientenzufriedenheit nach MPFL Plastik und der Belastungsfähigkeit im Alltag in Korrelation zu den Ergebnissen der MRT Untersuchung. Wir erhoffen uns durch unsere Arbeit die operative Behandlung der patellofemorales Instabilität weiter optimieren zu können.<sup>19</sup>

In der vorliegenden Studie wurden 49 Patienten und 51 Patientenknien mit stattgehabter MPFL Plastik untersucht. Ziel war es, eine mögliche Korrelation zwischen femoralem Tunnelenlargement nach MPFL Plastik und dem klinischen Outcome zu untersuchen. Weiterhin sollte ein möglicher Einfluss einer Tunnelnehlpositionierung auf das Tunnelenlargement und der Einfluss einer Fehlpositionierung auf das klinische Outcome untersucht werden.

Mittels MRT Bildgebung wurde die Position und der Durchmesser des Bohrkannels bestimmt, das klinische Ergebnis wurde über Scores und klinische Untersuchung objektiviert und mit den Ergebnissen der Bildgebung korreliert.

Berard et al. konnte eine Patella alta als Risikofaktor für ein Tunnelenlargement nach MPFL Ersatz detektieren.<sup>17</sup> Es wird hier davon ausgegangen, dass durch die größere Distanz zwischen patellarer und femoraler Insertionsstelle ein größerer Stress auf das Transplantat ausgeübt wird und es im Verlauf zu einer Tunnelerweiterung kommen kann.<sup>17</sup> Den Einfluss einer Patella alta auf die Entwicklung eines femoralen Tun-

nelenlargements wurde bewusst nicht miteinbezogen, da wir die MPFL Plastik isoliert betrachten wollten, unabhängig von möglichen Einflussfaktoren.

## **6.2. Diskussion des Einflusses der Tunnelposition auf das Enlargement und das klinische Outcome**

Biomechanische Studien ergaben, dass nur eine korrekte Positionierung eine optimale isometrische Funktionsfähigkeit gewährleisten kann.<sup>19,41,71</sup> Eine Veränderung der femoralen Fixierung um 5 mm kann zu einer deutlichen Veränderung von Länge und Spannung des MPFL in Flexion führen.<sup>3,4,19</sup> Findet die Fixierung am Femur zu weit proximal statt, erhöht sich die Distanz zwischen Patella und Femur und bewirkt in Flexion eine patellofemorale Druckerhöhung.<sup>147</sup> In unserer Studie bestätigte sich das Ergebnis von Servien et al., dass ein zu weit proximal fixiertes Transplantat eher zu einem Tunnelenlargement führt, da mehr biomechanischer Stress auf das Transplantat ausgeübt wird.<sup>140</sup> Servien et al. überprüften postoperativ die Genauigkeit der femoralen Insertion der MPFL Plastik und zeigten mittels MRT und radiologischer Kontrolle in ihrem Studienkollektiv eine Fehlpositionierung von 17,5%.<sup>140</sup> Bei Berard et al. wiesen 34,4% der Patienten mit Fehlpositionierung keine Tunnelerweiterung und 43,5% eine Fehlpositionierung mit Tunnelerweiterung auf.<sup>17</sup> Im Gegensatz zu Berard et al. haben wir noch weiter untergliedert in eine Fehlpositionierung zu weit anterior/posterior und zu weit proximal/distal. Eine Fehlpositionierung zu weit anterior lag in der vorliegenden Studie bei 6 Patienten (26%) und zu weit proximal bei 20 Patienten (87%) in der Gruppe mit Enlargement (23 Patienten) vor. In der Patientengruppe ohne Enlargement (28 Patienten) hatten 9 Patienten (32%) einen zu weit anterior platzierten Bohrkanaal, 15 Patienten (54%) einen zu weit proximal positionierten Bohrkanaal.

Möglicherweise ist die Tunnelvergrößerung ein Korrekturmechanismus, um die Fehlpositionierung des Tunnels auszugleichen. In der vorliegenden Arbeit erzielten Patienten mit korrekter Tunnelposition jedoch keine besseren Ergebnisse als die Patienten mit einer femoralen Fehlpositionierung. Patienten mit Fehlpositionierung erzielten sogar vergleichbar gute klinische Ergebnisse wie die Vergleichsgruppe mit korrekter Tunnelposition. Insofern ist die Erklärung, die Erweiterung als reinen Korrekturmechanismus zu betrachten, nicht ausreichend. In der Studie von McCarthy befand sich die femorale Insertionsstelle bis zu 9 mm von der anatomischen Insertionsstelle entfernt, auch hier fand sich kein negativer Einfluss auf das klinische Outcome.<sup>97</sup>

Vergleichbare Studien zur korrekten anatomischen Insertion der MPFL Plastik äußerten den Verdacht, dass die Methode nach Schöttle möglicherweise nicht so genau ist, wie erwartet. Die Schlussfolgerung von Sanchis-Alfonso et al. war, dass die Methode nach Schöttle lediglich näherungsweise die exakte anatomische femorale Tunnelposition aufzeigen kann.<sup>129</sup> Ziegler et al. konnten folgenden Schwachpunkt der Schöttle Methode feststellen: eine strenge seitliche Aufnahme ist intraoperativ schwer zu gewährleisten, bereits eine Abweichung von weniger als 5° zur Achse kann eine ungenaue anatomische Insertion des MPFLs zur Folge haben.<sup>163</sup> Weiterhin ist das mediale Tuberculum des Femurs intraoperativ in einigen Fällen nicht eindeutig palpierbar, was die Schöttlemethode fehleranfälliger machen kann. Bei Blatter et al. konnte gezeigt werden, dass der im Vorfeld berechnete, beste isometrische femorale Insertionspunkt eine variable, anatomische Verteilung aufweist. Somit ist die optimale Position für die femorale Transplantatfixierung patientenspezifisch zu betrachten.<sup>55,92,129,163</sup>

### **6.3. Diskussion des Einflusses eines Tunnelenlargements auf das klinische Outcome**

Ein weiteres wichtiges Ergebnis der vorliegenden Studie ist, dass keine nachteiligen klinischen Auswirkungen durch eine femorale Tunnelerweiterung wahrgenommen werden konnten.

Patienten mit einer Tunnelerweiterung zum Nachuntersuchungszeitpunkt zeigten einen signifikant besseren IKDC ( $79,7 \pm 6,9$  Punkte gegenüber  $70,7 \pm 18,6$  Punkte;  $p = 0,024$ ) und Kujala Score ( $83,6 \pm 11,7$  Punkte gegenüber  $74,9 \pm 16,2$  Punkte;  $p = 0,032$ ) als Patienten ohne eine Tunnelerweiterung. Patienten mit Tunnelenlargement zeigten signifikant höhere Tegner Scores vor Erstereignis und nicht-signifikant höhere Tegner Scores im follow up, verglichen mit den Patienten mit einem nicht erweiterten femoralen Tunnel ( $5,8 \pm 2,0$  Punkte gegenüber  $4,6 \pm 1,8$  Punkte,  $p = 0,039$ ).

Im Vergleich hierzu lag der IKDC Score in der Studie von Berard et al. bei  $82,6 \pm 14,6$  Punkten in der Gruppe mit Tunnelerweiterung und bei  $83,0 \pm 17,4$  Punkten in der Gruppe ohne Tunnelerweiterung. Der Bewegungsumfang durch die femorale Tunnelerweiterung wurde ebenfalls nicht negativ beeinflusst, die Relaxationsrate deckt sich in vergleichbaren Metaanalysen mit unseren Ergebnissen. In der vorliegenden Studie lag die Relaxationsrate bei 2%, bei Berard et al. bei 3,1% und bei bis zu 3,7% in Metaanalysen.<sup>5,7,17,26,86,150</sup>

Bedingt durch den vermehrten mechanischen Stress, den aktivere Patienten auf das Transplantat ausüben, kann es eher zu einem Enlargement kommen. Patienten mit

einer Bohrkanaerweiterung sind möglicherweise aktiver und hierdurch unabhängig von der Bohrkanaerweiterung zufriedener als weniger aktive Patienten.

Weiterhin kann die Zeit unmittelbar postoperativ eine Rolle gespielt haben. Wird in dieser sensiblen Phase das Knie übermäßig bewegt und das Sehnentransplantat nicht hinreichend einwachsen, kann dies zu einem Enlargement führen. Dies deckt sich mit einer Studie von Berard und vergleichbaren Studien zum Thema Tunnelenlargement nach VKB.<sup>17,19,102</sup> Ein Patient erlitt eine erneute Patellaluxation, im MRT konnte bei diesem Patienten kein Tunnelenlargement nachgewiesen werden. Dies scheint auch gegen einen negativen Einfluss eines Tunnelenlargement zu sprechen.

#### **6.4. Methodenkritik**

Die in unserer Studie angewendete Messmethodik stellt keinen Goldstandard speziell für Nachuntersuchungen nach MPFL Plastik dar. Der Goldstandard zur Abbildung des femoralen Bohrkanaals ist das konventionelle Röntgen. In unserer Studie fand diese Methode aufgrund der ethisch nicht vertretbaren Strahlenbelastung jedoch keine Anwendung. In der Arbeit von Servien et al. konnte jedoch gezeigt werden, dass eine gute Übereinstimmung zwischen den Ergebnissen einer Röntgen und MRT Nachuntersuchung zu bestehen scheint.<sup>140</sup> Es können trotz guter Übereinstimmung in der Studie von Servien et al. in der vorliegenden Studie Fehler in der Messung vorliegen, die wir nicht kontrollieren können und möglicherweise das Ergebnis beeinflussen und die relativ hohe Anzahl an Fehlpositionierungen erklären könnten.<sup>140</sup>

In diesem Zusammenhang sind auch die durch Berard et al. und Servien et al. festgelegten Grenzwerte, wann von einer Erweiterung zu sprechen ist, kritisch zu betrachten.<sup>17,140</sup>

Die Bestimmung eines Enlargements über die Kreisfläche bietet einen entscheidenden Nachteil: In den meisten Fällen ist der Bohrkanaal nicht exakt kreisförmig erweitert, sondern ellipsenförmig erweitert. Die ausschließliche Benutzung der Kreisfläche zur Bestimmung eines Enlargements kann zu Messungenauigkeiten führen.

In einigen Fällen wurde der Durchmesser des Bohrkanaals im Operationsbericht nicht dokumentiert. Hier haben wir die Angaben der verwendeten Schraube zur Orientierung benutzt (z.B. Biosure 6 x 25 mm).

Initial wurde eine Messung durch die Doktorandin, Herrn Dr. Schüttler und Herrn Prof. Efe durchgeführt. Hierbei fiel eine gewisse Streuung der Ergebnisse zwischen den Untersuchern auf. Wir entschieden uns daher für die Verwendung der Messergebnisse des erfahrensten Mediziners.

## **6.5. Ausblick**

Der Schöttle Punkt, die bisherige radiologische Standardmethode zum Auffinden der korrekten femoralen Insertionsstelle bei MPFL Plastik muss im Zusammenhang mit den oben genannten Ergebnissen für zukünftige Eingriffe überdacht werden. Die Idee, eine einzige, fixe radiologische Markierung für alle Patientin einzusetzen, scheint eher unwahrscheinlich. Vorliegende Studien zu diesem Thema konnten zeigen, dass der ideale femorale Insertionspunkt eine variable Verteilung aufweist und somit durch den Schöttlepunkt nur näherungsweise bestimmt werden kann.<sup>55,92,129,163</sup> Zukünftig kann darüber nachgedacht werden, den Schöttlepunkt für verschiedenen Patientengruppen entsprechend zu modifizieren.

In anderen Studien wurde das postoperative Flexionsdefizit, welches oftmals mit einem medialen Schmerzsyndrom einhergeht beschrieben.<sup>55</sup> Die Rolle der intraoperativen Transplantatspannung ist in diesen Fällen noch nicht hinreichend verstanden und ist Inhalt zukünftiger Studien.

Die Komplikationsrate in Metaanalysen konnte von 26,1% im Jahr 2012 durch Berücksichtigung negativer Prädiktoren wie beispielsweise einer schweren Trochleadysplasie Typ B-D in den letzten Jahren auf 4,7% reduziert werden.<sup>42,55,103,141</sup>

Zukünftig könnte die postoperative Bestimmung der Größe des Bohrkanals individuell für jedes MRT Bild angepasst werden über die Bestimmung der Kreisfläche oder der Ellipsenfläche.<sup>102,150</sup>

Es konnte erneut bestätigt werden, dass die patellofemorale Instabilität eine komplexe und multifaktoriell bedingte Krankheitsentität darstellt. Eine Limitation des klinischen Ergebnisses beschränkt sich nicht nur alleine auf die femorale Tunnelposition und die femorale Tunnelerweiterung. Die MPFL Plastik nach Patellaluxation bleibt die favorisierte Methode bei der patellofemorale Instabilität.

## 7. Literatur

- 1 *Aglietti P, Buzzi R, Biase P de, Giron F.* Surgical treatment of recurrent dislocation of the patella. *Clin. Orthop. Relat. Res.* 1994(308): 8–17
- 2 *Ahmed AM, Duncan NA.* Correlation of patellar tracking pattern with trochlear and retropatellar surface topographies. *Journal of biomechanical engineering* 2000; 122(6): 652–660
- 3 *Amis AA.* Current concepts on anatomy and biomechanics of patellar stability. *Sports medicine and arthroscopy review* 2007; 15(2): 48–56
- 4 *Amis AA, Firer P, Mountney J et al.* Anatomy and biomechanics of the medial patellofemoral ligament. *Knee* 2003; 10(3): 215–220
- 5 *Aragão JA, Reis FP, Vasconcelos DPd et al.* Metric measurements and attachment levels of the medial patellofemoral ligament: An anatomical study in cadavers. *Clinics* 2008; 63(4): 541–544
- 6 *Arendt EA, Fithian DC, Cohen E.* Current concepts of lateral patella dislocation. *Clinics in sports medicine* 2002; 21(3): 499–519
- 7 *Arnbjörnsson A, Egund N, Rydning O et al.* The natural history of recurrent dislocation of the patella. Long-term results of conservative and operative treatment. *The Journal of bone and joint surgery. British volume* 1992; 74(1): 140–142
- 8 *Asklepios Klinik Birkenwerder.* Kniegelenknahe Achsfehlstellungen
- 9 *Atkin DM, Fithian DC, Marangi KS et al.* Characteristics of patients with primary acute lateral patellar dislocation and their recovery within the first 6 months of injury. *The American journal of sports medicine* 2000; 28(4): 472–479
- 10 *Balcarek P, Oberthur S, Hopfensitz S et al.* Which patellae are likely to redislocate? *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy official journal of the ESSKA* 2014; 22(10): 2308–2314
- 11 *Banke IJ, Kohn LM, Meidinger G et al.* Combined trochleoplasty and MPFL reconstruction for treatment of chronic patellofemoral instability: a prospective minimum 2-year follow-up study. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy official journal of the ESSKA* 2014; 22(11): 2591–2598
- 12 *Baumfeld JA, Diduch DR, Rubino LJ et al.* Tunnel widening following anterior cruciate ligament reconstruction using hamstring autograft: a comparison between double cross-pin and suspensory graft fixation. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy official journal of the ESSKA* 2008; 16(12): 1108–1113



- 13 *Baumgartl F.* Das Kniegelenk: Erkrankungen, Verletzungen u. ihre Behandlung mit Hinweisen f. d. Begutachtung. Berlin, Göttingen, Heidelberg: Springer; 1964
- 14 *Beaconsfield T, Pintore E, Maffulli N, Petri GJ.* Radiological measurements in patellofemoral disorders. A review. *Clin. Orthop. Relat. Res.* 1994(308): 18–28
- 15 *Bedi H, Marzo J.* The biomechanics of medial patellofemoral ligament repair followed by lateral retinacular release. *The American journal of sports medicine* 2010; 38(7): 1462–1467
- 16 *Beermann I.* Vergleichende prospektive klinisch radiologische 1- Jahres-Ergebnisse nach MPFL-Rekonstruktion 2013
- 17 *Berard J-B, Magnussen RA, Bonjean G et al.* Femoral tunnel enlargement after medial patellofemoral ligament reconstruction: prevalence, risk factors, and clinical effect. *The American journal of sports medicine* 2014; 42(2): 297–301
- 18 *Betz RR, Magill JT, Lonergan RP.* The percutaneous lateral retinacular release. *The American journal of sports medicine* 1987; 15(5): 477–482
- 19 *Bicos J, Carofino B, Andersen M et al.* Patellofemoral forces after medial patellofemoral ligament reconstruction: a biomechanical analysis. *The journal of knee surgery* 2006; 19(4): 317–326
- 20 *Biswal UK, Balaji G, Nema S et al.* Correlation of tunnel widening and tunnel positioning with short-term functional outcomes in single-bundle anterior cruciate ligament reconstruction using patellar tendon versus hamstring graft: a prospective study. *European journal of orthopaedic surgery & traumatology orthopedie traumatologie* 2016
- 21 *Blackburne JS, Peel TE.* A new method of measuring patellar height. *The Journal of bone and joint surgery. British volume* 1977; 59(2): 241–242
- 22 *Brown DE, Alexander AH, Lichtman DM.* The Elmslie-Trillat procedure: evaluation in patellar dislocation and subluxation. *The American journal of sports medicine* 1984; 12(2): 104–109
- 23 *Burks RT, Desio SM, Bachus KN et al.* Biomechanical evaluation of lateral patellar dislocations. *The American journal of knee surgery* 1998; 11(1): 24–31
- 24 *Caton J, Deschamps G, Chambat P et al.* Les rotules basses. A propos de 128 observations. *Revue de chirurgie orthopédique et réparatrice de l'appareil moteur* 1982; 68(5): 317–325

- 25 *Cheng B, Wu X, Ge H'a et al.* Operative versus conservative treatment for patellar dislocation: a meta-analysis of 7 randomized controlled trials. *Diagnostic pathology* 2014; 9: 60
- 26 *Choi N-H, Yoo S-Y, Victoroff BN.* Tibial tunnel widening after hamstring anterior cruciate ligament reconstructions: comparison between Rigidfix and Bio-TransFix. *The Knee* 2013; 20(1): 31–35
- 27 *Christiansen SE, Jacobsen BW, Lund B, Lind M.* Reconstruction of the medial patellofemoral ligament with gracilis tendon autograft in transverse patellar drill holes. *Arthroscopy the journal of arthroscopic & related surgery official publication of the Arthroscopy Association of North America and the International Arthroscopy Association* 2008; 24(1): 82–87
- 28 *Christoforakis J, Bull, A M J, Strachan RK et al.* Effects of lateral retinacular release on the lateral stability of the patella. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy official journal of the ESSKA* 2006; 14(3): 273–277
- 29 *Cofield RH, Bryan RS.* Acute dislocation of the patella: results of conservative treatment. *The Journal of trauma* 1977; 17(7): 526–531
- 30 *Colvin AC, West RV.* Patellar instability. *The Journal of bone and joint surgery. American volume* 2008; 90(12): 2751–2762
- 31 *Conlan T, Garth WP, Lemons JE.* Evaluation of the medial soft-tissue restraints of the extensor mechanism of the knee. *The Journal of bone and joint surgery. American volume* 1993; 75(5): 682–693
- 32 *Dainer RD, Barrack RL, Buckley SL, Alexander AH.* Arthroscopic treatment of acute patellar dislocations. *Arthroscopy the journal of arthroscopic & related surgery official publication of the Arthroscopy Association of North America and the International Arthroscopy Association* 1988; 4(4): 267–271
- 33 *Dejour H, Walch G, Neyret P, Adeleine P.* Dysplasia of the femoral trochlea. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot* 1990; 76(1): 45–54
- 34 *Dejour H, Walch G, Nove-Josserand L, Guier C.* Factors of patellar instability: an anatomic radiographic study. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy official journal of the ESSKA* 1994; 2(1): 19–26
- 35 *Desio SM, Burks RT, Bachus KN.* Soft tissue restraints to lateral patellar translation in the human knee. *The American journal of sports medicine* 1998; 26(1): 59–65

- 36 *Dickschas J, Harrer J, Bayer T et al.* Correlation of the tibial tuberosity-trochlear groove distance with the Q-angle. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy official journal of the ESSKA* 2014
- 37 *Dickschas J, Röder C, Hennig FF et al.* Sportfähigkeit nach Patellaluxation. *Sportverletzung Sportschaden Organ der Gesellschaft für Orthopädisch-Traumatologische Sportmedizin* 2009; 23(2): 95–99
- 38 *Diederichs G, Issever AS, Scheffler S.* MR imaging of patellar instability: injury patterns and assessment of risk factors. *Radiographics a review publication of the Radiological Society of North America, Inc* 2010; 30(4): 961–981
- 39 *Dopirak R, Adamany D, Bickel B, Steensen R.* Reconstruction of the medial patellofemoral ligament using a quadriceps tendon graft: a case series. *Orthopedics* 2008; 31(3): 217
- 40 *Dopirak RM, Steensen RN, Maurus PB.* The medial patellofemoral ligament. *Orthopedics* 2008; 31(4): 331–338
- 41 *Elias JJ, Cosgarea AJ.* Technical errors during medial patellofemoral ligament reconstruction could overload medial patellofemoral cartilage: a computational analysis. *The American journal of sports medicine* 2006; 34(9): 1478–1485
- 42 *Enderlein D, Nielsen T, Christiansen SE et al.* Clinical outcome after reconstruction of the medial patellofemoral ligament in patients with recurrent patella instability. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy official journal of the ESSKA* 2014; 22(10): 2458–2464
- 43 *Farahmand F, Senavongse W, Amis AA.* Quantitative study of the quadriceps muscles and trochlear groove geometry related to instability of the patellofemoral joint. *Journal of orthopaedic research official publication of the Orthopaedic Research Society* 1998; 16(1): 136–143
- 44 *Farahmand F, Tahmasbi MN, Amis AA.* Lateral force-displacement behaviour of the human patella and its variation with knee flexion--a biomechanical study in vitro. *Journal of biomechanics* 1998; 31(12): 1147–1152
- 45 *Fauno P, Kaalund S.* Tunnel widening after hamstring anterior cruciate ligament reconstruction is influenced by the type of graft fixation used: a prospective randomized study. *Arthroscopy the journal of arthroscopic & related surgery official publication of the Arthroscopy Association of North America and the International Arthroscopy Association* 2005; 21(11): 1337–1341

- 46 *Ficat P, Hungerford DS*. Disorders of the patello-femoral joint. Paris, New York [etc.]: Masson; 1977
- 47 *Ficat P, Ficat C, Bailleux A*. External hypertensionsyndrome of the patella. Its significance in recognition of arthrosis. *Rv Chir Orthop Reparatice Appar Mot*. 1975(61): 39–59
- 48 *Fithian DC, Mishra DK, Balen PF et al*. Instrumented measurement of patellar mobility. *The American journal of sports medicine* 1995; 23(5): 607–615
- 49 *Fithian DC, Paxton EW, Post WR, Panni AS*. Lateral retinacular release: a survey of the International Patellofemoral Study Group. *Arthroscopy the journal of arthroscopic & related surgery official publication of the Arthroscopy Association of North America and the International Arthroscopy Association* 2004; 20(5): 463–468
- 50 *Fithian DC, Paxton EW, Stone ML et al*. Epidemiology and natural history of acute patellar dislocation. *The American journal of sports medicine* 2004; 32(5): 1114–1121
- 51 *Frosch KH, Akoto R, Schmeling A*. Patellaluxation bei Sportlern. *Der Chirurg; Zeitschrift für alle Gebiete der operativen Medizin* 2014; 85(10): 879–887
- 52 *Fulkerson JP*. Anteromedialization of the tibial tuberosity for patellofemoral malalignment. *Clin. Orthop. Relat. Res*. 1983(177): 176–181
- 53 *Fulkerson JP, Schutzer SF, Ramsby GR, Bernstein RA*. Computerized tomography of the patellofemoral joint before and after lateral release or realignment. *Arthroscopy the journal of arthroscopic & related surgery official publication of the Arthroscopy Association of North America and the International Arthroscopy Association* 1987; 3(1): 19–24
- 54 *Geenen E, Molenaers G, Martens M*. Patella alta in patellofemoral instability. *Acta orthopaedica Belgica* 1989; 55(3): 387–393
- 55 *Geßlein M, Roessler PP, Schüttler KF et al*. Complications and failure of MPFL reconstruction with free tendon grafts in cases of patellofemoral instability. *Technology and health care official journal of the European Society for Engineering and Medicine* 2015; 23(5): 659–666
- 56 *Gobbi A, Espregueira, M., João, N., Norimasa N*. *The Patellofemoral Joint: State of the Art in Evaluation and Management*. 2014th ed. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2014

- 57 *Gollwitzer H, Schauwecker J, Burgkart R et al.* Gelenkerhaltende Hüftchirurgie im Erwachsenenalter. Intertrochantäre Femurosteotomie. *Der Orthopäde* 2012; 41(8): 677-88; quiz 689-90
- 58 *Grelsamer RP, Weinstein CH.* Applied biomechanics of the patella. *Clin. Orthop. Relat. Res.* 2001(389): 9–14
- 59 *Hartmann F, Dietz S-O, Rommens PM, Gercek E.* Long-term outcome after operative treatment of traumatic patellar dislocation in adolescents. *Journal of orthopaedic trauma* 2014; 28(3): 173–180
- 60 *Hautamaa PV, Fithian DC, Kaufman KR et al.* Medial soft tissue restraints in lateral patellar instability and repair. *Clin. Orthop. Relat. Res.* 1998(349): 174–182
- 61 *Hawkins RJ, Bell RH, Anisette G.* Acute patellar dislocations. The natural history. *The American journal of sports medicine* 1986; 14(2): 117–120
- 62 *Heegaard J, Leyvraz PF, Curnier A et al.* The biomechanics of the human patella during passive knee flexion. *Journal of biomechanics* 1995; 28(11): 1265–1279
- 63 *Hefti F.* *Pediatric Orthopedics in Practice*; 2007 (30.03.2015)
- 64 *Hehl G, Rapp F, Kramer M et al.* Die arthroskopische Therapie der Patellaluxation: Operationstechnik und klinische Ergebnisse. *Unfallchirurg, Springer-Verlag* 1999: 632–637
- 65 *Hehne HJ.* Biomechanics of the patellofemoral joint and its clinical relevance. *Clinical orthopaedics and related research* 1990(258): 73–85
- 66 *Hehne H-J.* Das Patellofemoralgelenk: Funktionelle Anatomie, Biomechanik, Chondromalazie und operative Therapie. Stuttgart: Enke; 1983
- 67 *Hensler D, Sillanpaa PJ, Schoettle PB.* Medial patellofemoral ligament: anatomy, injury and treatment in the adolescent knee. *Curr. Opin. Pediatr.* 2014; 26(1): 70–78
- 68 *Hepp WE.* Zur Bestimmung der Dysplasie des Femoro-Patellargelenkes. *Zeitschrift für Orthopädie und Unfallchirurgie* 1982
- 69 *Hepp WR, Locher HA.* *Orthopädisches Diagnostikum.* 8th ed. Stuttgart: Thieme; 2014
- 70 *Hing CB, Shepstone L, Marshall T, Donell ST.* A laterally positioned concave trochlear groove prevents patellar dislocation. *Clin. Orthop. Relat. Res.* 2006; 447: 187–194

- 71 *Hopper GP, Leach WJ, Rooney BP et al.* Does degree of trochlear dysplasia and position of femoral tunnel influence outcome after medial patellofemoral ligament reconstruction? *The American journal of sports medicine* 2014; 42(3): 716–722
- 72 *Huberti HH, Hayes WC.* Patellofemoral contact pressures. The influence of q-angle and tendofemoral contact. *The Journal of bone and joint surgery. American volume* 1984; 66(5): 715–724
- 73 *Huberti HH, Hayes WC.* Contact pressures in chondromalacia patellae and the effects of capsular reconstructive procedures. *Journal of orthopaedic research official publication of the Orthopaedic Research Society* 1988; 6(4): 499–508
- 74 *Huberti HH, Hayes WC, Stone JL, Shybut GT.* Force ratios in the quadriceps tendon and ligamentum patellae. *Journal of orthopaedic research official publication of the Orthopaedic Research Society* 1984; 2(1): 49–54
- 75 *Hughston JC.* Patellar subluxation. A recent history. *Clinics in sports medicine* 1989; 8(2): 153–162
- 76 *Jackson RW, Kunkel SS, Taylor GJ.* Lateral retinacular release for patellofemoral pain in the older patient. *Arthroscopy the journal of arthroscopic & related surgery official publication of the Arthroscopy Association of North America and the International Arthroscopy Association* 1991; 7(3): 283–286
- 77 *Johnson LL, van Dyk, G E, Green JR et al.* Clinical assessment of asymptomatic knees: comparison of men and women. *Arthroscopy the journal of arthroscopic & related surgery official publication of the Arthroscopy Association of North America and the International Arthroscopy Association* 1998; 14(4): 347–359
- 78 *Kang HJ, Wang F, Chen BC et al.* Functional bundles of the medial patellofemoral ligament. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy official journal of the ESSKA* 2010; 18(11): 1511–1516
- 79 *Kaufer H.* Mechanical function of the patella. *The Journal of bone and joint surgery. American volume* 1971; 53(8): 1551–1560
- 80 *Kettelkamp DB.* Clinical implications of knee biomechanics. *Archives of surgery (Chicago, Ill. 1960)* 1973; 107(3): 406–410
- 81 *Kievit AJ, Breugem, Stefan J M, Sierevelt IN et al.* Dutch translation of the Kujala Anterior Knee Pain Scale and validation in patients after knee arthroplasty. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy official journal of the ESSKA* 2013; 21(11): 2647–2653

- 82 *Kirsch MD, Fitzgerald SW, Friedman H, Rogers LF.* Transient lateral patellar dislocation: diagnosis with MR imaging. *AJR. American journal of roentgenology* 1993; 161(1): 109–113
- 83 *Knee documentation committee.* Microsoft Word - Deutsch\_2000. Formblätter des internationalen knee documentation committee
- 84 *Knoch F von, Bohm T, Burgi ML et al.* Trochleaplasty for recurrent patellar dislocation in association with trochlear dysplasia. A 4- to 14-year follow-up study. *The Journal of bone and joint surgery. British volume* 2006; 88(10): 1331–1335
- 86 *Kobayashi M, Nakagawa Y, Suzuki T et al.* A retrospective review of bone tunnel enlargement after anterior cruciate ligament reconstruction with hamstring tendons fixed with a metal round cannulated interference screw in the femur. *Arthroscopy the journal of arthroscopic & related surgery official publication of the Arthroscopy Association of North America and the International Arthroscopy Association* 2006; 22(10): 1093–1099
- 87 *Kohn D.* Orthopädie und orthopädische Chirurgie: Knie. Stuttgart: Thieme; 2005
- 88 *Kolowich PA, Paulos LE, Rosenberg TD, Farnsworth S.* Lateral release of the patella: indications and contraindications. *The American journal of sports medicine* 1990; 18(4): 359–365
- 89 *Kujala UM, Jaakkola LH, Koskinen SK et al.* Scoring of patellofemoral disorders. *Arthroscopy the journal of arthroscopic & related surgery official publication of the Arthroscopy Association of North America and the International Arthroscopy Association* 1993; 9(2): 159–163
- 90 *Larsen E, Lauridsen F.* Conservative treatment of patellar dislocations. Influence of evident factors on the tendency to redislocation and the therapeutic result. *Clin. Orthop. Relat. Res.* 1982(171): 131–136
- 91 *Laurin CA, Lévesque HP, Dussault R et al.* The abnormal lateral patellofemoral angle: a diagnostic roentgenographic sign of recurrent patellar subluxation. *The Journal of bone and joint surgery. American volume* 1978; 60(1): 55–60
- 92 *Le Qin, Li M, Yao W, Shen J.* Relationship between bony tunnel and knee function in patients after patellar dislocation triple surgeries-a CT-based study. *Scientific reports* 2017; 7: 41360
- 93 *Leung YF, Wai YL, Leung YC.* Patella alta in southern China. A new method of measurement. *International orthopaedics* 1996; 20(5): 305–310

- 94 *Lind M, Enderlein D, Nielsen T et al.* Clinical outcome after reconstruction of the medial patellofemoral ligament in paediatric patients with recurrent patella instability. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy official journal of the ESSKA* 2014
- 95 *Mäenpää H, Lehto MU.* Patellofemoral osteoarthritis after patellar dislocation. *Clin. Orthop. Relat. Res.* 1997(339): 156–162
- 96 *Matsushita T, Kuroda R, Oka S et al.* Clinical outcomes of medial patellofemoral ligament reconstruction in patients with an increased tibial tuberosity-trochlear groove distance. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy official journal of the ESSKA* 2014; 22(10): 2438–2444
- 97 *McCarthy M, Ridley TJ, Bollier M et al.* Femoral Tunnel Placement in Medial Patellofemoral Ligament Reconstruction. *The Iowa Orthopaedic Journal* 2013; 33: 58–63
- 98 *Merican AM, Kondo E, Amis AA.* The effect on patellofemoral joint stability of selective cutting of lateral retinacular and capsular structures. *Journal of biomechanics* 2009; 42(3): 291–296
- 99 *Mikashima Y, Kimura M, Kobayashi Y et al.* Clinical results of isolated reconstruction of the medial patellofemoral ligament for recurrent dislocation and subluxation of the patella. *Acta orthopaedica Belgica* 2006; 72(1): 65–71
- 100 *Møller BN, Møller-Larsen F, Frich LH.* Chondromalacia induced by patellar subluxation in the rabbit. *Acta orthopaedica Scandinavica* 1989; 60(2): 188–191
- 101 *Muhr G, Knopp W, Neumann K.* Luxation und Subluxation der Patella. *Der Orthopäde*, Springer-Verlag; 1989(18): 294–301
- 102 *Nebelung S, Deitmer G, Gebing R et al.* High incidence of tunnel widening after anterior cruciate ligament reconstruction with transtibial femoral tunnel placement. *Archives of orthopaedic and trauma surgery* 2012; 132(11): 1653–1663
- 103 *Nelitz M, Williams RS, Lippacher S et al.* Analysis of failure and clinical outcome after unsuccessful medial patellofemoral ligament reconstruction in young patients. *International orthopaedics* 2014; 38(11): 2265–2272
- 104 *Neubert M, Steinbrück K.* Die Patellaerstluxation beim Sportler. *Arthroskopische Diagnostik und Therapie. Der Unfallchirurg* 1991; 94(2): 73–76
- 105 *Nietosvaara Y, Aalto K, Kallio PE.* Acute patellar dislocation in children: incidence and associated osteochondral fractures. *Journal of pediatric orthopedics* 1994; 14(4): 513–515



- 106 *Nomura, Horiuchi, Kihara*. Medial patellofemoral ligament restraint in lateral patellar translation and reconstruction. *Knee* 2000; 7(2): 121–127
- 107 *Nomura E, Horiuchi Y, Inoue M*. Correlation of MR imaging findings and open exploration of medial patellofemoral ligament injuries in acute patellar dislocations. *Knee* 2002; 9(2): 139–143
- 108 *Nomura E, Horiuchi Y, Kihara M*. A mid-term follow-up of medial patellofemoral ligament reconstruction using an artificial ligament for recurrent patellar dislocation. *Knee* 2000; 7(4): 211–215
- 109 *Nomura E, Inoue M, Osada N*. Anatomical analysis of the medial patellofemoral ligament of the knee, especially the femoral attachment. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy official journal of the ESSKA* 2005; 13(7): 510–515
- 110 *Oestern S, Varoga, D., Lippross S., Kaschwich M., Finn, J., Buddrus B., Seekamp, A*. Patellaluxation. *Der Unfallchirurg* 2011
- 111 *Ostermeier S, Stukenborg-Colsman C, Hurschler C, Wirth C-J*. In vitro investigation of the effect of medial patellofemoral ligament reconstruction and medial tibial tuberosity transfer on lateral patellar stability. *Arthroscopy the journal of arthroscopic & related surgery official publication of the Arthroscopy Association of North America and the International Arthroscopy Association* 2006; 22(3): 308–319
- 112 *Outerbridge RE, Dunlop JA*. The problem of chondromalacia patellae. *Clin. Orthop. Relat. Res.* 1975(110): 177–196
- 113 *Patellofemoral Foundation*. Chapter 2: Biomechanics of the Patellofemoral Joint; 2018. <http://www.patellofemoral.org/pfoe/c2/pat.html> (31.01.2018)
- 114 *Pfirrmann CW, Zanetti M, Romero J, Hodler J*. Femoral trochlear dysplasia: MR findings. *Radiology* 2000; 216(3): 858–864
- 115 *Pförringer W*. Die Patella aus orthopädischer und sportmedizinischer Sicht: Schattauer Verlag; 2005
- 116 *Pidoriano AJ, Weinstein RN, Buuck DA, Fulkerson JP*. Correlation of patellar articular lesions with results from anteromedial tibial tubercle transfer. *The American journal of sports medicine* 1997; 25(4): 533–537
- 117 *Plaweski S, Rossi J, Merloz P*. Anterior cruciate ligament reconstruction: assessment of the hamstring autograft femoral fixation using the EndoButton CL. *Orthopaedics & traumatology, surgery & research OTSR* 2009; 95(8): 606–613

- 118 Powers CM, Lilley JC, Lee TQ. The effects of axial and multi-plane loading of the extensor mechanism on the patellofemoral joint. *Clinical biomechanics* (Bristol, Avon) 1998; 13(8): 616–624
- 119 Reagan J, Kullar R, Burks R. MPFL Reconstruction: Technique and Results. *The Orthopedic clinics of North America* 2015; 46(1): 159–169
- 120 Redfern J, Kamath G, Burks R. Anatomical confirmation of the use of radiographic landmarks in medial patellofemoral ligament reconstruction. *The American journal of sports medicine* 2010; 38(2): 293–297
- 121 Ricchetti ET, Mehta S, Sennett BJ, Huffman GR. Comparison of lateral release versus lateral release with medial soft-tissue realignment for the treatment of recurrent patellar instability: a systematic review. *Arthroscopy the journal of arthroscopic & related surgery official publication of the Arthroscopy Association of North America and the International Arthroscopy Association* 2007; 23(5): 463–468
- 122 Richman NM, Scheller AD. Medial subluxation of the patella without previous lateral retinacular release. *Orthopedics* 1998; 21(7): 810–813
- 123 Richter J, Mayer P, Immendorfer M et al. Reconstruction of the medial patellofemoral ligament using autologous gracilis tendon in an implant-free technique on the patellar side. *Operative Orthopädie und Traumatologie* 2016; 28(1): 65–77
- 124 Rillmann P, Oswald A, Holzach P, Ryf C. Fulkerson's modified Elmslie-Trillat procedure for objective patellar instability and patellofemoral pain syndrome. *Swiss surgery = Schweizer Chirurgie = Chirurgie suisse = Chirurgia svizzera* 2000; 6(6): 328–334
- 125 Robert A., Teitge M.D., Sanchis-Alfonso V. Atlas of the patellofemoral joint: Reconstruction of the Lateral Patellofemoral Ligament: How I Do It. London, New York: Springer-Verlag; 2013
- 126 Ruchholtz S, Wirtz D, Hrsg. *Orthopädie und Unfallchirurgie essentials: Intensivkurs zur Weiterbildung*. 2nd ed. Stuttgart [u.a.]: Thieme; 2013
- 127 Rünow A. The dislocating patella. Etiology and prognosis in relation to generalized joint laxity and anatomy of the patellar articulation. *Acta orthopaedica Scandinavica. Supplementum* 1983; 201: 1–53
- 128 Sallay PI, Poggi J, Speer KP, Garrett WE. Acute dislocation of the patella. A correlative pathoanatomic study. *The American journal of sports medicine* 1996; 24(1): 52–60

- 129 *Sanchis-Alfonso V.* Guidelines for medial patellofemoral ligament reconstruction in chronic lateral patellar instability. *The Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons* 2014; 22(3): 175–182
- 130 *Sanders TG, Morrison WB, Singleton BA et al.* Medial patellofemoral ligament injury following acute transient dislocation of the patella: MR findings with surgical correlation in 14 patients. *Journal of computer assisted tomography* 2001; 25(6): 957–962
- 131 *Sandmeier RH, Burks RT, Bachus KN, Billings A.* The effect of reconstruction of the medial patellofemoral ligament on patellar tracking. *The American journal of sports medicine* 2000; 28(3): 345–349
- 132 *Scharf HP, Rüter A, Pohlemann T et al.* Orthopädie und Unfallchirurgie: Facharztwissen nach der neuen Weiterbildungsordnung. München: Urban & Fischer; 2008
- 133 *Schmeling A.* Aktuelle Aspekte der patellofemorale Instabilität. *Stiftung zur Förderung der Arthroskopie - Aktuell* 2010(23)
- 134 *Schöttle PB, Schmeling A, Rosenstiel N, Weiler A.* Radiographic landmarks for femoral tunnel placement in medial patellofemoral ligament reconstruction. *The American journal of sports medicine* 2007; 35(5): 801–804
- 135 *Schöttle PB, Schmeling A, Romero J, Weiler A.* Anatomical reconstruction of the medial patellofemoral ligament using a free gracilis autograft. *Archives of orthopaedic and trauma surgery* 2009; 129(3): 305–309
- 136 *Schöttle PB.* Minimalinvasive anatomische Rekonstruktion des Lig. patellofemorale mediale. *Arthroskopie*; 20(4): 313–316
- 137 *Schöttle PB, Fucentese SF, Romero J.* Clinical and radiological outcome of medial patellofemoral ligament reconstruction with a semitendinosus autograft for patella instability. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy official journal of the ESSKA* 2005; 13(7): 516–521
- 138 *Schöttle PB, Hensler D, Imhoff AB.* Anatomical double-bundle MPFL reconstruction with an aperture fixation. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy official journal of the ESSKA* 2010; 18(2): 147–151
- 139 *Scuderi GR, Hrsg.* *The Patella.* New York: Springer-Verlag; 1995

- 140 *Servien E, Fritsch B, Lustig S et al.* In vivo positioning analysis of medial patellofemoral ligament reconstruction. *The American journal of sports medicine* 2011; 39(1): 134–139
- 141 *Shah JN, Howard JS, Flanigan DC et al.* A systematic review of complications and failures associated with medial patellofemoral ligament reconstruction for recurrent patellar dislocation. *The American journal of sports medicine* 2012; 40(8): 1916–1923
- 142 *Shih Y-F, Bull, Anthony M J, Amis AA.* The cartilaginous and osseous geometry of the femoral trochlear groove. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy official journal of the ESSKA* 2004; 12(4): 300–306
- 143 *Siebold R, Karidakis G, Fernandez F.* Clinical outcome after medial patellofemoral ligament reconstruction and autologous chondrocyte implantation following recurrent patella dislocation. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy official journal of the ESSKA* 2014; 22(10): 2477–2483
- 144 *Simmons E, Cameron JC.* Patella alta and recurrent dislocation of the patella. *Clin. Orthop. Relat. Res.* 1992(274): 265–269
- 145 *Song SY, Kim IS, Chang HG et al.* Anatomic medial patellofemoral ligament reconstruction using patellar suture anchor fixation for recurrent patellar instability. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy official journal of the ESSKA* 2014; 22(10): 2431–2437
- 146 *Sperner G, Benedetto KP, Glötzer W.* Pathologie, Diagnose und Therapie von Patellaluxationen. *Sportverletzung Sportschaden Organ der Gesellschaft für Orthopädisch-Traumatologische Sportmedizin* 1990; 4(2): 69–72
- 147 *Stephen JM, Lumpaopong P, Deehan DJ et al.* The medial patellofemoral ligament: location of femoral attachment and length change patterns resulting from anatomic and nonanatomic attachments. *The American journal of sports medicine* 2012; 40(8): 1871–1879
- 148 *Stephen JM, Lumpaopong P, Dodds AL et al.* The Effect of Tibial Tuberosity Medialization and Lateralization on Patellofemoral Joint Kinematics, Contact Mechanics, and Stability. *The American journal of sports medicine* 2014: 13–18
- 149 *Strobl W, Grill F.* Die Patellaluxation. *Orthopäde* 1998; 27(3): 197

- 150 *Struewer J, Efe T, Frangen TM et al.* Prevalence and influence of tibial tunnel widening after isolated anterior cruciate ligament reconstruction using patella-bone-tendon-bone-graft: long-term follow-up. *Orthopedic reviews* 2012; 4(2): e21
- 151 *Tegner Y, Lysholm J.* Rating systems in the evaluation of knee ligament injuries. *Clin. Orthop. Relat. Res.* 1985(198): 43–49
- 152 *Teitge RA, Warren, Wade Faerber, DO.* Stress Radiographs of the Patellofemoral Joint. *J Bone Joint Surg* 1996(78): 193–203
- 153 *Thévenin-Lemoine C, Ferrand M, Courvoisier A et al.* Is the Caton-Deschamps index a valuable ratio to investigate patellar height in children? *The Journal of bone and joint surgery. American volume* 2011; 93(8): e35
- 154 *Tscholl PM, Antoniadis A, Dietrich TJ et al.* The tibial-tubercle trochlear groove distance in patients with trochlear dysplasia: the influence of the proximally flat trochlea. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy official journal of the ESSKA* 2014
- 155 *Urch SE, Tritle BA, Shelbourne KD, Gray T.* Axial linear patellar displacement: a new measurement of patellofemoral congruence. *The American journal of sports medicine* 2009; 37(5): 970–973
- 156 *Vainionpää S, Laasonen E, Silvennoinen T et al.* Acute dislocation of the patella. A prospective review of operative treatment. *The Journal of bone and joint surgery. British volume* 1990; 72(3): 331–333
- 157 *Warren LA, Marshall JL, Girgis F.* The prime static stabilizer of the medical side of the knee. *The Journal of bone and joint surgery. American volume* 1974; 56(4): 665–674
- 158 *Watanabe T, Muneta T, Ikeda H et al.* Visual analog scale assessment after medial patellofemoral ligament reconstruction: with or without tibial tubercle transfer. *Journal of orthopaedic science official journal of the Japanese Orthopaedic Association* 2008; 13(1): 32–38
- 159 *Webster KE, Feller JA, Hameister KA.* Bone tunnel enlargement following anterior cruciate ligament reconstruction: a randomised comparison of hamstring and patellar tendon grafts with 2-year follow-up. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy official journal of the ESSKA* 2001; 9(2): 86–91

- 160 *Wirth CJ, Rudert M, Hrsg.* Das patellofemorale Schmerzsyndrom: Die Trochleoplastik bei Trochleadysplasie zur Therapie der rezidivierenden Patellaluxation. Darmstadt: Steinkopff-Verlag
- 161 *Wörtler K, Eiber M, Waldt S.* Messverfahren und Klassifikationssysteme in der muskuloskelettalen Radiologie. 1st ed. Stuttgart: Thieme; 2011
- 162 *Yamamoto RK.* Arthroscopic repair of the medial retinaculum and capsule in acute patellar dislocations. *Arthroscopy the journal of arthroscopic & related surgery official publication of the Arthroscopy Association of North America and the International Arthroscopy Association* 1986; 2(2): 125–131
- 163 *Ziegler CG, Fulkerson JP, Edgar C.* Radiographic Reference Points Are Inaccurate With and Without a True Lateral Radiograph: The Importance of Anatomy in Medial Patellofemoral Ligament Reconstruction. *The American journal of sports medicine* 2016; 44(1): 133–142

## **8. Verzeichnis der akademischen Lehrer**

Meine akademischen Lehrer waren die Damen/Herren

Alter, Aumüller, Barth, Bartsch, Basler, Baum, Baumann, Bien, Cetin, Czubayko, Daut, Dodel, Donner-Banzhoff, Eilers, Engenhardt-Cabillic, Duda, Fendrich, Feuser, Fuchs-Winkelmann, Geks, Giemsa, Gerdes, Görg C, Görg K, Gress, Grimm, Grundmann, Gudermann, Hasilik, Hegele, Hertl, Hofmann, Höffken, Hoyer, Kalinowski, Kann, Kill, Klose, Köhler, König, Koolmann, Kühnert, Langer, Lill, Löffler, Löffler, Lohoff, Maier, Mandrek, Meier, Maisch, Mennel, Mittag, Moll, Moosdorf, Mueller, Mutters, Neubauer, Neumüller, Nimsky, Oertel, Pagenstecher, Plant, Ramaswamy, Renz, Richter, Röhm, Roeper, Ruchholtz, Rustemeier, Schmidt, Schnieder, Schofer, Seitz, Schäfer, Schiefer, Sesterhenn, Skwara, Sommer, Steiniger, Stiletto, Stiller, Suske, Tackenberg, Teymoortash, Vogelmeier, Wagner, Weihe, Werner, Westermann, Wulf, Zettl

## **9. Danksagung**

An erster Stelle möchte ich Herrn Prof. Dr. Turgay Efe danken, dass er mir dieses interessante Thema anvertraut hat und ich die Studie in der Abteilung für Orthopädie und Unfallchirurgie durchführen durfte.

Besonderer Dank gilt meinem Betreuer Herrn PD Dr. Karl-Friedrich Schüttler für die hervorragende Betreuung, sein Engagement und für die mir gewährten Freiräume bei der Durchführung dieser Studie. Ich danke ihm für die vielen fachlichen Diskussionen, Ratschläge und seine Unterstützung. Weiterhin möchte ich Herrn Dr. Jens Figiel aus der Klinik für Radiologie danken, der immer ein offenes Ohr für mich hatte und mir stets zur Seite stand bei radiologischen Fragestellungen. Vor allem möchte ich mich bei Frau Ulrike Schwarz, für die Aufnahme der MRT Bilder und die Mithilfe bei der Patiententerminierung. Ebenfalls bedanken möchte ich mich bei der medizinischen Statistik und Frau Prof. Dr. Nina Timmesfeld, für die statistische Beratung und Auswertung meiner Daten. Abschließend möchte ich allen teilnehmenden Patienten danken, ohne die diese Studie nicht möglich gewesen wäre, genauso wie dem gesamten Team der Klinik für Orthopädie und Unfallchirurgie des UKGM für die sehr gute und angenehme Zusammenarbeit.



## **10. Anhang**



- **UNIVERSITÄTSKLINIKUM**
- **Gießen und Marburg**
- **Standort Marburg**
- **Direktorin Univ.-Prof. Dr. S. Fuchs-Winkelmann**



Studienleitung:

PD Dr. med. T. Efe

Dr. med. K.-F. Schüttler

Klinik für Orthopädie und Rheumatologie

Universitätsklinikum Gießen und Marburg, Standort

Marburg, Baldingerstraße

35043 Marburg

Tel.: 06421 5864913 (Sekretariat Orthopädie)

---

### **Bitte um Teilnahme an einer Studie:**

„Korrelation des femoralen Tunnelenlargements mit den klinischen Ergebnissen nach MPFL-Plastik“

Sehr geehrte Patientin, sehr geehrter Patient,

an der Klinik für Orthopädie und Rheumatologie des Universitätsklinikums Giessen und Marburg, Standort Marburg werden seit langer Zeit Patienten mit femoropatellarer Instabilität (d.h. Patienten, bei denen es zu einem Herausspringen der Kniescheibe kam) behandelt. Da nach einer konservativen Therapie die Rate der Rezidive, also dem erneuten Herausspringen der Kniescheibe, bei bis zu 44% liegt, wird in vielen Fällen eine

operative Therapie empfohlen. Bei Ihnen wurde eine solche Operation mit dem Ziel der Stabilisierung der Kniescheibe durchgeführt. Es handelte sich hierbei um die Rekonstruktion des Halteapparates der Kniescheibe - genannt MPFL (MPFL = mediales patellofemorales Ligament). Um die Ergebnisse nach dieser Operation zu untersuchen, führen wir aktuell eine Studie durch.

Ihre Zufriedenheit sowie die Funktion ihres Kniegelenks sollen anhand eines Fragebogens erhoben werden. Zusätzlich möchten wir Sie einmalig zu einer MRT-Untersuchung in Verbindung mit einer klinischen Untersuchung Ihres Kniegelenks unsere Klinik bitten.

Hierbei soll mittels der MRT-Untersuchung der rekonstruierte Halteapparat beurteilt werden. Von besonderem Interesse sind die Position und der genaue Verlauf des Bohrkannals, der zu Befestigung des rekonstruierten Halteapparates am Oberschenkelknochen angelegt wurde, und ob dieser seit der Operation eine Veränderung des Durchmessers zeigt.

Es entstehen Ihnen durch diese Untersuchung keine Kosten, sondern lediglich der Zeitaufwand der MRT-Untersuchung, der Untersuchung des Kniegelenks und das Ausfüllen des Fragebogens (insgesamt ca. 1 Stunde – ca. 10 min zum Ausfüllen des Fragebogens und der klinischen Untersuchung des Kniegelenks; ca. 50 min für die MRT).

#### **Ablauf der Studie:**

Sollten Sie mit der Teilnahme an dieser Studie einverstanden sein, bitten wir Sie den beigefügten Fragebogen zur Beurteilung Ihrer Kniegelenksfunktion auszufüllen und uns im ebenfalls beiliegenden vorfrankierten Umschlag zurückzusenden. Wir werden anschließend einen Termin für Ihre MRT-Untersuchung mit Ihnen vereinbaren. Die Untersuchung erfolgt im Klinikum der Philipps-Universität Marburg auf den Lahnbergen (UKGM, Standort Marburg). Unmittelbar vor der MRT-Untersuchung wird entweder PD Dr. Efe oder Dr. Schüttler die Untersuchung Ihres Kniegelenks durchführen.

Die Teilnahme an dieser Studie ist freiwillig. Sie können jederzeit von dieser Studie ohne Angabe von Gründen und ohne Nachteile zurücktreten.

Die Dokumentationsbögen erhalten eine fortlaufende Identifikationsnummer und die Zuordnung dieser Nummern zu den jeweiligen Patienten ist nur den verantwortlichen Studienleitern (Dr. Schüttler, PD Dr. Efe) anhand einer Schlüsselliste möglich. Die Dateneingabe wird nur auf Datenerfassungsgeräten vorgenommen, die sich innerhalb der abgeschlossenen Räumlichkeiten der orthopädischen Klinik für Orthopädie und Rheumatologie, Universitätsklinikum Gießen und Marburg GmbH, Standort Marburg befinden. Eine Weitergabe der Daten an Dritte erfolgt nicht. Die Daten sowie die Schlüsselliste werden 15 Jahre nach Durchführung der Studie vernichtet.

Wir bedanken uns für Ihr Interesse und stehen Ihnen für Rückfragen per Mail oder telefonisch über unser Sekretariat gerne zur Verfügung!

PD Dr. Efe; [efet@med.uni-marburg.de](mailto:efet@med.uni-marburg.de)

Dr. Schüttler; [kschuett@med.uni-maburg.de](mailto:kschuett@med.uni-maburg.de)

Tel.: 06421-5864913 (Sekretariat der Orthopädie)

PD Dr. med. Efe

Dr. med. Schüttler

**Dieses Informationsblatt ist zum Verbleib bei Ihnen bestimmt.**

## Tegner-Aktivitätsscore

Name: \_\_\_\_\_ Vorname: \_\_\_\_\_

Geb.-Datum: \_\_\_\_ . \_\_\_\_ . \_\_\_\_

Bitte ordnen Sie sich selbst ein, in was für einem Level der Aktivität Sie sich vor Ihren Beschwerden befunden haben und in was für einem Sie sich zurzeit befinden.

Vor den Beschwerden: **Level:**

zurzeit: **Level:**

<b>Level 10</b>	<b>Wettkampf- bzw. Leistungssport:</b> Fußball, nationales bzw. internationales Niveau
<b>Level 9</b>	<b>Wettkampfsport:</b> Fußball, niedrigere Liga, Eishockey, Ringen, Gymnastik
<b>Level 8</b>	<b>Wettkampfsport:</b> Squash, Badminton, Leichtathletik (Sprungsportarten), Abfahrtsski
<b>Level 7</b>	<b>Wettkampfsport:</b> Tennis, Leichtathletik (Laufsportarten), Handball, Basketball, Motorsport <b>Freizeitsport:</b> Fußball, Eishockey, Squash, Leichtathletik (Sprungsportarten), Orientierungslauf, Crosslauf
<b>Level 6</b>	<b>Freizeitsport</b> Tennis, Badminton, Handball, Basketball, Abfahrtsski,

	Jogging (mind. 5 mal wöchentlich)
<b>Level 5</b>	<p><b>Arbeit:</b> schwere Arbeit (z.B. Bauarbeiter)</p> <p><b>Wettkampfsport:</b> Radfahren, Skilanglauf</p> <p><b>Freizeitsport:</b> Jogging auf unebenem Untergrund (mind. 2 mal wöchentlich)</p>
<b>Level 4</b>	<p><b>Arbeit:</b> mittelschwere Arbeit (z.B. Fernfahrer)</p> <p><b>Freizeitsport:</b> Radfahren, Skilanglauf, Jogging auf ebenem Untergrund (mind. 2 mal wöchentlich)</p>
<b>Level 3</b>	<p><b>Arbeit:</b> leichte Arbeit (z.B. Krankenschwester)</p> <p><b>Wettkampf- und Freizeitsport:</b> Schwimmen</p> <p><b>Gehen im Wald möglich</b></p>
<b>Level 2</b>	<p><b>Arbeit:</b> leichte Arbeit</p> <p>Gehen auf <b>unebenem</b> Grund möglich, aber Gehen im Wald unmöglich</p>
<b>Level 1</b>	<p><b>Arbeit:</b> sitzende Tätigkeit</p> <p>Gehen auf <b>ebenem</b> Untergrund möglich</p>
<b>Level 0</b>	<b>Bettlägerigkeit oder Invalidität, Rente wegen Knieproblemen</b>

## Kujala-Score

<b>Merkmal</b>	<b>Detail</b>	<b>Punkte</b>
Hinken	Kein	5
	Gering oder gelegentlich	3
	Ständig	0
Belastung	Vollbelastung ohne Schmerz	5
	Schmerzhaft	3
	Nicht möglich	0
Schmerzfremie Gehstrecke	Uneingeschränkt	5
	Gehstrecke > 2 km	3
	1–2 km	2
	Aufgehoben	0
Treppensteigen	Uneingeschränkt	10
	Geringer Schmerz beim Treppabsteigen	8
	Schmerz beim Treppab- und -aufsteigen	5
	Unmöglich	0
Kniebeuge	Uneingeschränkt	5
	Mehrfache Kniebeuge schmerzhaft	4
	Jede Kniebeuge schmerzhaft	3
	Möglich mit Teilbelastung	2
	Unmöglich	0
Laufen/ Rennen	Uneingeschränkt	10
	Schmerz bei > 2 km	8
	Geringer Anlaufschmerz	6
	Ausgeprägter Schmerz	3
	Unmöglich	0

Springen	Uneingeschränkt	10
	Geringer Schmerz	7
	Ständiger Schmerz	2
	Unmöglich	0
Längeres Sitzen	Uneingeschränkt	10
	Schmerz nach Übung	8
	Ständiger Schmerz	6
	Schmerz erfordert zeitweise Knieextension	4
	Unmöglich	0
Schmerz	Kein	10
	Gering oder gelegentlich	8
	Unterbricht den Schlaf	6
	Gelegentlich ausgeprägt	3
	Ständig und ausgeprägt	0



Schwellneigung	Keine	10
	Nach ausgeprägter Belastung	8
	Nach alltäglicher Belastung	6
	Jeden Abend	4
	Ständig	0
Abnormale Bewegung der Kniescheibe (Subluxation)		
	Keine	10
	Gelegentlich bei sportlicher Aktivität	6
	Gelegentlich bei alltäglicher Belastung	4
	Mindestens eine dokumentierte Luxation	2
	Mehr als zwei Luxationen	0
Oberschenkelatrophie	Keine	5
	Gering	3
	Ausgeprägt	0
Beugedefizit	Kein	5
	Gering	3
	Ausgeprägt	0

## IKDC – Score

### Symptome:

Wählen Sie zur Beurteilung der Symptome die höchste Aktivitätsstufe, die Sie Ihrer Meinung nach ohne erhebliche Symptome ausüben könnten, selbst wenn Sie auf dieser Stufe keine Aktivitäten ausüben. (Bitte pro Frage nur jeweils eine Antwort ankreuzen)

1.) Was ist die höchste Aktivitätsstufe, die Sie ohne erhebliche Symptome im Knie ausüben können?

sehr anstrengende Aktivitäten wie Sprung- und Kontaktsportarten mit einseitiger Fußbelastung (z.B. Basketball, Handball, Fußball)


anstrengende Aktivitäten wie schwere körperliche Arbeit, Skilaufen oder Tennis

mäßig anstrengende Arbeiten wie mäßige körperliche Arbeit, Laufen, Joggen

leichte Aktivitäten wie Gehen, Haus- oder Gartenarbeit


ich kann auf Grund meiner Knieschmerzen keine der oben genannten Aktivitäten ausüben

2.) Wie oft hatten Sie in den vergangenen 4 Wochen Knieschmerzen?

Nie  ständig Schmerzen

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

3.) Wie stark sind Ihre Schmerzen?

keine Schmerzen  unerträgliche Schmerzen

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

4.) Wie steif oder geschwollen war Ihr Knie während der vergangenen 4 Wochen?

überhaupt nicht

etwas

ziemlich

sehr

Extrem

5.) Was ist die höchste Aktivitätsstufe, die Sie ohne erhebliches Anschwellen Ihres Kniegelenks ausüben können?

sehr anstrengende Aktivitäten wie Sprung- und Kontaktsportarten mit einseitiger Fußbelastung (z.B. Basketball, Handball, Fußball)

anstrengende Aktivitäten wie schwere körperliche Arbeit, Skilaufen oder Tennis

mäßig anstrengende Arbeiten wie mäßige körperliche Arbeit, Laufen, Joggen

leichte Aktivitäten wie Gehen, Haus- oder Gartenarbeit

ich kann auf Grund meiner Knieschmerzen keine der oben genannten Aktivitäten ausüben

6.) Hatten Sie in den letzten 4 Wochen Einklemmungserscheinungen oder ist ihr Knie aus- und wieder eingeschnappt?

Ja

Nein

7.) Was ist die höchste Aktivitätsstufe, die Sie ohne durch eine Schwäche Ihres Kniegelenks ausgelöste Gangunsicherheit ausüben können?

sehr anstrengende Aktivitäten wie Sprung- und Kontaktsportarten mit einseitiger Fußbelastung (z.B. Basketball, Handball, Fußball)

anstrengende Aktivitäten wie schwere körperliche Arbeit, Skilaufen oder Tennis

mäßig anstrengende Arbeiten wie mäßige körperliche Arbeit, Laufen, Joggen

leichte Aktivitäten wie Gehen, Haus- oder Gartenarbeit

ich kann auf Grund meiner Knieschmerzen keine der oben genannten Aktivitäten ausüben

**Sportliche Betätigung:**

8.) Was ist die höchste Aktivitätsstufe, an der Sie regelmäßig teilnehmen können?

sehr anstrengende Aktivitäten wie Sprung- und Kontaktsportarten mit einseitiger Fußbelastung (z.B. Basketball, Handball, Fußball)

anstrengende Aktivitäten wie schwere körperliche Arbeit, Skilaufen oder Tennis

mäßig anstrengende Arbeiten wie mäßige körperliche Arbeit, Laufen, Joggen

leichte Aktivitäten wie Gehen, Haus- oder Gartenarbeit

ich kann auf Grund meiner Knieschmerzen keine der oben genannten Aktivitäten ausüben

9.) Wie schwierig sind auf Grund Ihres Kniegelenks die folgenden Aktivitäten für Sie?

<b>Treppensteigen (hinauf)</b>	überhaupt nicht	minimal	ziemlich	extrem	unmöglich
<b>Treppen hinuntergehen</b>	überhaupt nicht	minimal	ziemlich	extrem	unmöglich
<b>Auf dem betroffenen Knie knien</b>	überhaupt nicht	minimal	ziemlich	extrem	unmöglich
<b>In die Hocke gehen</b>	überhaupt nicht	minimal	ziemlich	extrem	unmöglich
<b>Normal sitzen</b>	überhaupt nicht	minimal	ziemlich	extrem	unmöglich
<b>Vom Stuhl aufstehen</b>	überhaupt nicht	minimal	ziemlich	extrem	unmöglich
<b>Geradeaus laufen</b>	überhaupt nicht	minimal	ziemlich	extrem	unmöglich
<b>Hochspringen und auf dem betroffenen Bein landen</b>	überhaupt nicht	minimal	ziemlich	extrem	unmöglich
<b>Beim Gehen (bzw. Laufen, wenn Sie Sportler sind) schnell anhalten und starten</b>	überhaupt nicht	minimal	ziemlich	extrem	Unmöglich

**Funktion:**

10.) Wie würden Sie die Funktionsfähigkeit Ihres Kniegelenks auf einer Skala von 0 bis 10 einordnen?

10 steht hierbei für eine normale und ausgezeichnete Funktionsfähigkeit und 0 bezeichnet die Unfähigkeit irgendeiner Ihrer normalen täglichen Aktivitäten (darunter fällt möglicherweise auch Sport zu treiben) auszuführen.

Vor der ersten Verletzung ihres Kniegelenks:

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

Bezogen auf den heutigen Zustand ihres Kniegelenks:

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

**Zum Abschluss noch ein paar allgemeine Fragen:**

Ist eine erneute Luxation ihrer Kniescheibe aufgetreten: Ja/Nein, wie häufig

---

Sind Sie ganz allgemein gesehen mit der OP zufrieden: Ja/Nein

---

Würden Sie diese OP noch einmal machen lassen: Ja/Nein

---

Irgendwelche Auffälligkeiten: Ja/Nein – welche?

---

**Zusätzlich bitten wir Sie uns folgende Daten anzugeben, damit wir mit Ihnen einen MRT-Termin vereinbaren können.**

**E-Mail:** \_\_\_\_\_

**Telefon / Handynummer:** \_\_\_\_\_

**Vielen Dank für Ihre Mitarbeit und Zeit!**