

Aus der Orthopädischen Klinik

König-Ludwig-Haus

der Universität Würzburg

Direktor: Professor Dr. med. Maximilian Rudert

MPFL-Rekonstruktion mit autologer Gracilissehne bei Patellaluxation

INAUGURAL - DISSERTATION

zur Erlangung der Doktorwürde der

Medizinischen Fakultät

der

Julius-Maximilians-Universität Würzburg

vorgelegt von

Maximilian Leiblein

aus

Frankfurt/Main

Würzburg, März 2015

Referent bzw. Referentin: Priv.-Doz. Dr. med. Thomas Barthel

Korreferent bzw. Korreferentin: Univ.-Prof. Dr. med. Rainer Meffert

Dekan: Prof. Dr. Matthias Frosch

Tag der mündlichen Prüfung: 11.01.2016

Der Promovend ist Arzt

Gewidmet:

Edgar Leiblein

Dr. med. Helmut Leiblein

Grete Krahl

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung.....	1
1.1 Einführung.....	1
1.2 Grundlagen.....	1
1.2.1 Anatomie.....	1
1.2.1.1 Femoropatellargelenk.....	2
1.2.1.2 Funktionelle Anatomie des Patellahalteapparates.....	2
1.2.2 Patellaluxation.....	5
1.2.2.1 Einteilung.....	5
1.2.2.2 Epidemiologie.....	6
1.2.2.3 Ätiologie und Risikofaktoren.....	8
1.2.2.4 Komplikationen.....	14
1.2.2.5 Diagnostik der Patellaluxation.....	15
1.2.2.6 Therapeutische Optionen bei Patellaluxation.....	19
1.3 Hypothese.....	23
2 Material und Methoden.....	24
2.1 OP-Verfahren und Nachbehandlungsplan.....	24
2.1.1 OP-Verfahren.....	24
2.1.2 Nachbehandlungsplan.....	31
2.2 Studien-Design.....	32

2.2.1 Ein- und Ausschlusskriterien	33
2.2.2 Patienten-Fragebögen	33
2.2.2.1 Kujala-Score	34
2.2.2.2 Validierter Fragebogen über Kniebeschwerden nach F. Flandry	35
2.2.2.3 Gesamtgesundheitszustand und Aktivitäts-Score nach Tegner	37
2.2.3 Körperliche Untersuchung und Anamnese	37
2.2.4 MRT und Röntgen	39
2.2.5 Erfassung der intra- und postoperativen Komplikationen	40
2.2.6 Statistische Methoden	40
3 Ergebnisse	42
3.1 Zusammensetzung des Patientenkollektivs	42
3.2 Scores	44
3.2.1 Entwicklung der Gesamtergebnisse	44
3.2.1.1 Kujala	45
3.2.1.2 Validierter Fragebogen über Kniebeschwerden nach F. Flandry	46
3.2.2 Entwicklung einzelner Kategorien	50
3.2.3 Einschränkung des Gesamtgesundheitszustandes und Aktivitätslevel	55
3.3 Befunde bei körperlichen Untersuchungen	57
3.3.1 Daumen-Radius-Abstand	57
3.3.2 Reluxationen	57

3.3.3 Laterale Verschieblichkeit	57
3.3.4 Bewegungsausmaß	58
3.3.5 Quadrizepsatrophie	59
3.4 Befunde in MRT und Röntgen.....	59
3.5 Intra- und postoperative Komplikationen.....	61
4 Diskussion	62
4.1 Diskussion der Operationsmethode	62
4.2 Diskussion von Material und Methoden.....	66
4.3 Diskussion der Ergebnisse	68
5 Zusammenfassung	78
6 Bibliografie.....	81
7 Anhang	92
8 Danksagung.....	100
9 Tabellarischer Lebenslauf.....	101

Verzeichnis der Abbildungen

Abbildung 1	Anatomie des MPFL in Relation zu anliegenden Strukturen
Abbildung 2	Darstellung des MPFL auf Pinzette
Abbildung 3	Darstellung des MPFL nach Durchtrennung der Quadrizepssehne und des Ligamentum patellae
Abbildung 4	Einteilung der Trochleadysplasie in die Typen A-D nach Dejour
Abbildung 5	TT-TG-Abstand
Abbildung 6	Aufzeichnung der Kraft, die bei intaktem Kniegelenk die Patella um 10 mm lateralisiert
Abbildung 7	Durchführung des Daumen-Radius-Abstand Tests
Abbildung 8	Insall-Salvati-Index zur Diagnostik der Patella alta
Abbildung 9	MRT mit Ruptur des MPFL am femoralen Ursprung und MRT des normalen MPFL im Gesunden
Abbildung 10	Darstellen der Insertion des M. gracilis am Pes anserinus
Abbildung 11	Absetzen des proximalen Sehnenanteils mit Sehnenstripper
Abbildung 12	Präparation auf Präparierboard
Abbildung 13	Intraoperative Kontrolle der anatomischen Insertion mit Bildverstärker
Abbildung 14	Anatomische Insertion des MPFL im Schema
Abbildung 15	Einflechten des Transplantats in die mediale Kapsel der Patella. Klemme zum Durchzug eingebracht
Abbildung 16	In mediale Kapsel eingeflochtenes Transplantat
Abbildung 17	Fixierung des Transplantates mit Vicryl Stärke 0
Abbildung 18	Einbringen eines Führungsdrahtes
Abbildung 19	Überbohren des Führungsdrahtes
Abbildung 20	Vorlegen einer Zugschlaufe
Abbildung 21	Durchzug des Transplantats in vorpräparierten Tunnel
Abbildung 22	Fixierung des Transplantats mit einer resorbierbaren Interferenzschraube

Abbildung 23	Reliabilität des AKPS
Abbildung 24	Drop-Outs
Abbildung 25	Altersverteilung der in die Studie eingeschlossenen Patienten
Abbildung 26	Entwicklung der Gesamtergebnisse der AKPS
Abbildung 27	Entwicklung der relativen Gesamtergebnisse des Validierten Fragebogens über Kniebeschwerden
Abbildung 28	Entwicklung der absoluten Gesamtergebnisse des Validierten Fragebogens über Kniebeschwerden
Abbildung 29	Plot der Kategorie „Alltagsaktivitäten“
Abbildung 30	Plot der Kategorie „Sport“
Abbildung 31	Plot der Kategorie „Schwellung - Steife - Blockierung“
Abbildung 32	Plot der Kategorie „Schmerz“
Abbildung 33	Plot der Kategorie „Giving Way“
Abbildung 34	Plot Kategorien „Aktivitäts-Score nach Tegner“, Einschränkung des Gesamtgesundheitszustands
Abbildung 35	Abstand Daumen-Radius in cm bei den untersuchten Patienten
Abbildung 36	Maximale Flexion in Grad (°) des betroffenen Kniegelenkes präoperativ und 12 Monate postoperativ
Abbildung 37	Insall-Salvati-Index im streng seitlichen Röntgenbild
Abbildung 38	Kujala's Anterior Knee Pain Score
Abbildung 39	Validierter Fragebogen über Kniebeschwerden
Abbildung 40	Abschließende Beurteilung des eigenen Gesundheitszustandes und Aktivitäts-Score nach Tegner

Verzeichnis der Tabellen

Tabelle 1	Durchgeführte Datenerhebung
Tabelle 2	Anamnese und körperliche Untersuchung
Tabelle 3	Anzahl der befragten Patienten zu den jeweiligen Untersuchungsterminen
Tabelle 4	P-Werte und Signifikanzniveaus des Kujala Anterior Knee Pain Score
Tabelle 5	P-Werte und Signifikanzniveaus des Validierten Fragebogens über Kniebeschwerden nach F. Flandry, relative Gesamtergebnisse
Tabelle 6	P-Werte und Signifikanzniveaus des Validierten Fragebogens über Kniebeschwerden nach F. Flandry, absolute Gesamtergebnisse
Tabelle 7	„Patella Glide Test“ - Laterale Verschieblichkeit der Patella in Vierteln ihrer Breite bei der präoperativen Untersuchung und der Nachkontrolle nach einem Jahr
Tabelle 8	Übersicht über die Ergebnisse des „Kujala Anterior Knee Pain Score“ anderer Studien

Anhang

1. Kujala's Anterior Knee Pain Score
2. Validierter Fragebogen über Kniebeschwerden nach F. Flandry
3. Fragen zur subjektiven Beurteilung des Gesamtgesundheitszustandes und Aktivitäts-Score nach Tegner

1 Einleitung

1.1 Einführung

Die patellofemorale Instabilität (Patellaluxation, Patellasubluxation und generelle patellofemorale Instabilität) hat eine Inzidenz von 7-49 pro 100.000 Einwohner [1] und verursacht damit 2-3% aller Knieverletzungen [2]. Sie ist Grund für über 10% der muskuloskelettalen Symptome und macht 16-25% der Verletzungen bei Läufern aus [3]. Die Patellaluxation ist nach der vorderen Kreuzbandruptur der zweithäufigste Grund für einen Hämarthros [4]. Neben der konservativen Therapie wurden über 100 chirurgische Verfahren zur Behandlung dieser Erkrankung beschrieben [5]. Der Ersatz bzw. die Rekonstruktion des Ligamentum patellofemorale mediale (MPFL) ist eine therapeutische Alternative in der Behandlung der patellofemoralen Instabilität.

1.2 Grundlagen

1.2.1 Anatomie

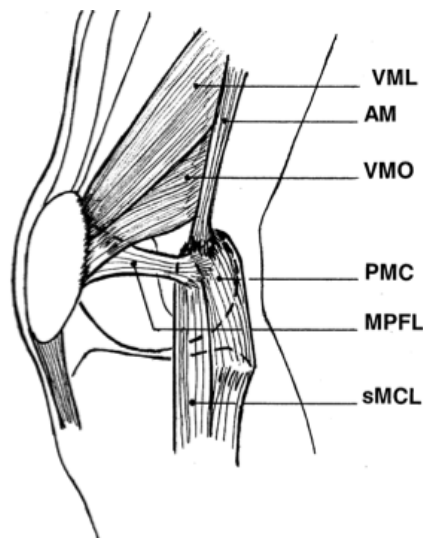


Abb. 1: Anatomie des MPFL in Relation zu anliegenden Strukturen. VML: vastus medialis, AM: adductor magnus, VMO: vastus medialis obliquus, PMC: posteromediale Kapsel, MPFL: Ligamentum patellofemorale mediale, SMCL: oberflächliche Fasern des medialen Kollateralbandes [6]

Das Kniegelenk (Articulatio genus) ist ein Drehscharniergelenk (Trochoginglymus) und ist „aus mehreren Teilgelenken zusammengesetztes Gelenk, (das) die längsten Hebelarme des Skeletts“ miteinander verbindet [7, S. 346]. Die „miteinander artikulierenden Gelenkkörper sind wenig kongruent“ [7, S. 346], deshalb ist eine komplexe Kapsel-Band-Führung zur Stabilisierung des Kniegelenkes nötig.

Der Bewegungsumfang beim gesunden Erwachsenen beträgt für Extension/Flexion 5/0/140° und für Außenrotation/Innenrotation (nur bei gebeugtem Gelenk möglich) 20/0/10°.

Im Kniegelenk werden verschiedene Teilgelenke unterschieden [7, S. 346]:

- Das Femorotibialgelenk - Die Artikulation zwischen medialem und lateralem Femurkondylus und medialem und lateralem Tibiaplateau
- Das Femoropatellargelenk - Die Artikulation zwischen Facies patellaris des distalen Femur und Rückseite der Patella

Um die Pathophysiologie und therapeutische Optionen der Patellaluxation verstehen zu können, ist eine gute Kenntnis des Femoropatellargelenkes nötig.

1.2.1.1 Femoropatellargelenk

Im Femoropatellargelenk artikulieren die Facies patellaris des distalen Femur und die Rückseite der Patella miteinander. Die Patella ist das größte Sesambein im menschlichen Körper und liegt in der Quadrizepssehne [8]. Vom distalen Pol verläuft das Ligamentum patellae zur Tuberositas tibiae und ermöglicht so eine Kraftübertragung von Ober- auf Unterschenkel [9].

1.2.1.2 Funktionelle Anatomie des Patellahalteapparates

Die Gelenkführung der Kniescheibe wird durch drei Faktoren bestimmt [1]:

- statische Stabilisatoren (knöchernen Gelenkgeometrie)
- aktive Stabilisatoren (Muskeln)
- passive Stabilisatoren (Kapsel und Bänder)

In voller Streckung und strecknaher Position, wenn noch wenig Kontakt zwischen Patella und Trochlea besteht, bestimmen hauptsächlich die passiven Stabilisatoren die

regelrechte Gelenkführung der Patella [10]. Bei weiterer Beugung (zwischen 30° und 100° Flexion) gleitet die Patella in das femorale Lager und wird nun hauptsächlich durch die statischen Stabilisatoren, die femorale und patellare Gelenkgeometrie, in Position gehalten [11]. Die aktiven Faktoren, vor allem der M. vastus medialis obliquus, stabilisieren die Patella erst ab einer Flexion von 60° [1, 5].

Der mediale patellofemorale Kapsel-Band-Komplex wird anatomisch in drei Schichten unterteilt [1, 12, 13], in denen folgende Strukturen verlaufen:

- erste Schicht: oberflächliches mediales Retinakulum
- zweite Schicht: mediales patellofemorales Ligament (MPFL), oberflächlicher Anteil des medialen Kollateralbandes
- dritte Schicht: Ligamentum patello-menisceale

Das Ligamentum patellofemorale mediale (MPFL), verläuft in der zweiten Schicht des medialen Kapsel-Band-Apparates und ist der wichtigste Stabilisator gegen nach lateral wirkende Kräfte [6, 11, 14-16]. Laut Amis et al. ist ohne eine Läsion des MPFL eine laterale Verschiebung der Patella in eine nicht anatomische Position unmöglich [6].

Nach sequenzieller Durchtrennung der medialen Stabilisatoren zeigt sich eine erhöhte Instabilität des Femoropatellargelenkes nach lateral. Desio et al. geben den Anteil des MPFL an der Stabilisation gegen die laterale Translation der Patella mit 60% an [16]. Hautamaa et al. messen 53% [17]. Nomura et al. untersuchten verschiedene Flexionswinkel und gaben die Rückhaltekraft des MPFL bei Beugungen zwischen 20° und 90° mit 60% der totalen Rückhaltekraft an [14].

Das MPFL ist Amis et al. zufolge annähernd 53 mm lang, Baldwin et al. bestimmten die Länge mit 59,8 mm, Nomura hingegen mit 58,8 mm [6, 18, 19]. Die Breite wird mit 12 mm, die Stärke mit 0,44 mm (Nomura et al.) angegeben. Es verläuft vom oberen Drittel des medialen Randes der Patella zur posteromedialen Kapsel, wo die oberflächlichen Fasern einstrahlen. Die tiefen Fasern inserieren superoposterior zum Kondylus medialis femoris und distal des Tuberculum adductorium [19]. Diese Insertion wurde 2009 von Baldwin et al. bestätigt [18]. Fasern des M. vastus medialis obliquus strahlen auf etwa 35% der Länge des MPFL in das Band ein und spannen es bei Kontraktion des Muskels

nach proximal [19, 20]. Die Ausreißfestigkeit des nativen MPFL wird mit 208 N angegeben [6].



Abb. 2: Darstellung des Ligamentum patellofemorale mediale (*) (auf Pinzette aufliegend) am anatomischen Präparat

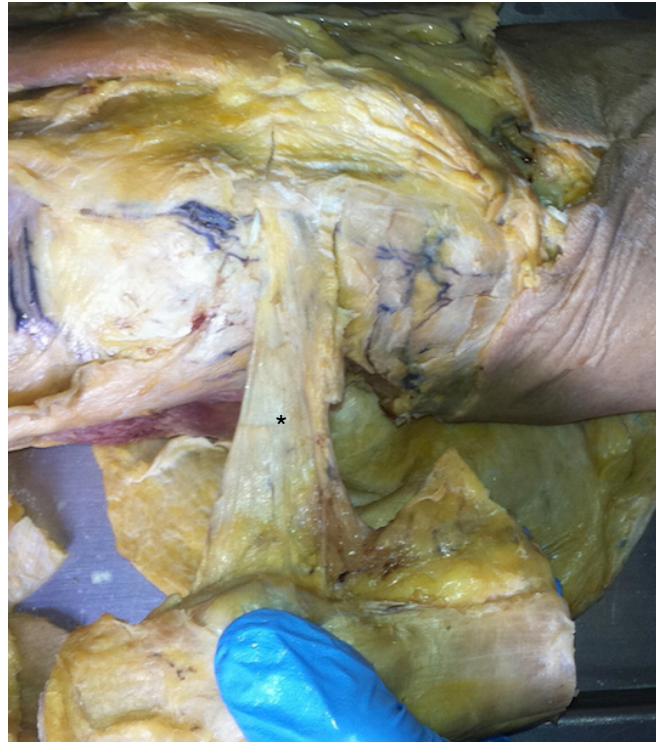


Abb. 3: Ligamentum patellofemorale mediale (*). Darstellung nach Durchtrennung der Quadrizepssehne und des Ligamentum patellae. Man beachte den breiten Ansatz am medialen Rand der Patella

Das MPFL ist die primäre passiv stabilisierende Struktur im Halteapparat der Patella und spielt daher auch bei der Pathophysiologie der Patellaluxation eine entscheidende Rolle.

1.2.2 Patellaluxation

1.2.2.1 Einteilung

„Die Patellaluxation ist eine Verrenkung der Kniescheibe aus ihrem femoralen Gleitlager bei Beugung in der Regel nach lateral“ [21].

Aufgrund der Pathogenese müssen verschiedene Verlaufsformen unterschieden werden [4, 9, 11, 21, 22]:

- akute traumatische Luxation
- rezidivierende Luxation
- habituelle Luxation
- kongenitale Form
- neuromuskuläre Form

Die akute traumatische Luxation ereignet sich nach einem entsprechenden Trauma. Sie ist für die Patienten ein „schmerzhaftes und beeindruckendes Erlebnis“ [4]. Die durch die Erstluxation entstandene sekundäre Instabilität des Kapselbandapparats verursacht die Form der chronisch-rezidivierenden Patellaluxation [21].

Der habituellen Luxation geht kein adäquates Trauma voraus. Häufig finden sich jedoch Bagatelltraumen als Auslöser für das Luxationsereignis. Zu Grunde liegende Ursache ist eine „Fehlbildung der Kniescheibenstabilisatoren“, meistens der knöchernen Architektur [4, 21, 23].

Kongenitale Luxationen sind selten und werden durch eine Fehlanlage des Streckapparates verursacht [22]. Sie treten im Rahmen kongenitaler Fehlbildungen oder von Syndromen auf (z.B. Down-Syndrom, Ehlers-Danlos-Syndrom) [21].

Neuromuskuläre Luxationen treten z.B. im Rahmen von Spastiken oder Paresen durch einen „abnormen Zug des M. vastus lateralis“ [22] auf.

1.2.2.2 Epidemiologie

Die akute Erstluxation ereignet sich, je nach Angabe, am häufigsten zwischen dem 10. und 20. Lebensjahr [21, 24, 25]. Eine zunächst angenommene höhere Inzidenz von Patellaluxationen bei jungen übergewichtigen Frauen wurde in weiteren epidemiologischen Untersuchungen nicht bestätigt. Mittlerweile zeigt die Studienlage, dass sportlich aktive junge Menschen am häufigsten betroffen sind [25, 26]. Die Inzidenz ist bei Frauen zwischen 10 und 17 Jahren am höchsten [25, 27]. Balcarek et al. geben das Geschlechterverhältnis in ihrer Studie mit 53% Frauen und 47% Männern an [24], laut anderen Studien sind Frauen häufiger betroffen [1, 11, 21]. Der Grund für das

leicht erhöhte Risiko bei Frauen wird darin vermutet, dass beim weiblichen Geschlecht häufiger prädisponierende Faktoren vorliegen [24].

Die Inzidenz liegt zwischen 7-49/100.000 pro Jahr [1]. Fithian et al. gaben die Inzidenz mit 28/100.000 pro Jahr an [25]. Sillanpää et al. führten eine Studie an einem Militärkrankenhaus durch und kamen dabei sogar auf eine Inzidenz von 77/100.000 pro Jahr [28].

Am häufigsten ereignet sich eine Erstluxation bei sportlicher Betätigung [29]. Das erste Luxationsereignis passiert in 61% der Fälle während einer sportlicher Betätigung, ein Rezidivereignis in 47% [25]. Bei 9% der Patienten ereignet sich die Luxation während des Tanzens [25]. Die Luxation wird atraumatisch, geringtraumatisch und nur in den wenigsten Fällen (3%) durch ein echtes adäquates Trauma ausgelöst [24]. In einer Studie konnte bei 93% der Patienten eine Beugung im Kniegelenk bei fixiertem Fuß und Valgus-Stellung der Tibia als Mechanismus für die Luxation festgestellt werden [28].

Die Akutsituation ist für den Patienten schmerzhaft, in fast allen Fällen findet sich ein Hämarthros und eine Bewegungseinschränkung [28]. Sillanpää et al. entdeckten bei allen Patienten, bei denen eine MRT-Untersuchung durchgeführt wurde, eine Ruptur des MPFL [28].

Die Erstluxation führt häufig zu einer chronischen patellofemorale Instabilität oder zu rezidivierenden Luxationen bzw. Subluxationen. Das Risiko für ein Rezidiv liegt bei 30%, bei jungen Patienten sogar bei bis zu 71% [24]. Nach Cofield et al. traten in 44% rezidivierende Luxationen auf [30], Mäenpää berichtet von Literaturangaben zwischen 2% - 50% [31]. Über die Hälfte (52%) der Rezidive ereignen sich während der ersten zwei Jahre nach der Erstluxation [24, 32]. Das Risiko für Rezidive steigt, je jünger die Patienten bei der Erstluxation sind [26] und ist für weibliche Patienten um 33% höher als für männliche [25]. Außerdem ereignen sich umso häufiger Reluxationen, je stärker ausgeprägt prädisponierende Faktoren vorliegen [26].

Nur 50% der Patienten erreichen nach sechs Monaten wieder das Ausgangsniveau ihrer sportlichen Aktivität [24].

1.2.2.3 Ätiologie und Risikofaktoren

Die Ätiologie der patellofemorale Instabilität bzw. der Patellaluxation ist stets multifaktoriell [1, 11, 33]. Verschiedene Faktoren wie Trochleadysplasie, Patellatilt/-shift, Patella alta, TT-TG-Abstand, Beschaffenheit des Ligamentum patellofemorale mediale und andere Risikofaktoren wie Alter und Geschlecht können die Stabilität der Patella auf unterschiedliche Weise stören und müssen bei jedem Patienten individuell untersucht werden [11, 21, 33, 34].

a) Trochleadysplasie

Die Trochleadysplasie wurde bereits 1802 von Richerand als Faktor für die Patellaluxation erkannt [35]. Sie wird definiert durch „eine abgeflachte medialisierte Trochlea, welche jedoch nicht die anteroposteriore Höhe der Kondylen betrifft“ [1].

Bei der dysplastischen Trochlea ist die mediale Trochlea abgeflacht, wodurch die Steigung (Slope) der lateralen Facette relativ abnimmt [1]. Dies verhindert bei Beugung des Kniegelenkes ein regelrechtes Eintreten der Patella in den Sulcus und drückt sie so nach lateral und proximal [1].

Von Dejour wurde 1994 eine Klassifikation entwickelt. In seiner Studie wurden 143 Knie mit patellofemorale Instabilität radiologisch (im streng seitlichen Röntgenbild) untersucht und mit einer Kontrollgruppe verglichen. In 85% der Fälle konnte eine Dysplasie nachgewiesen werden [33]. Als Definitionskriterien wurden festgelegt [33]:

- *Crossing Sign* (bei 96%)
- *Trochlear Bump* (pathologisch falls > 3 mm, bei 85%)
- *Trochleatiefe* (pathologisch falls ≤ 4 mm)

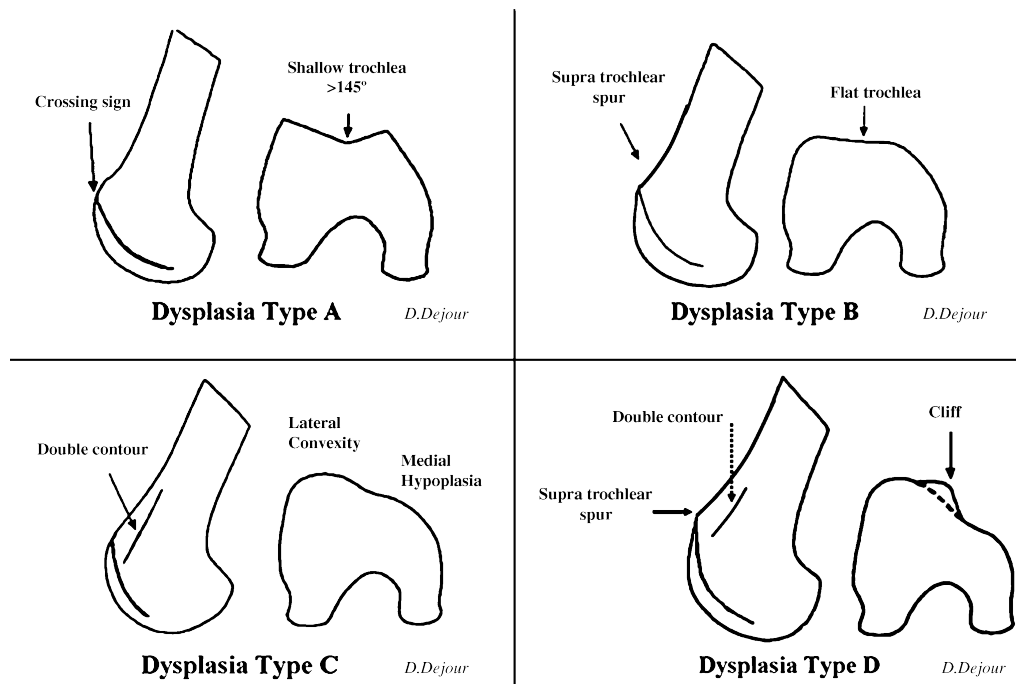


Abb. 4: Einteilung der Trochleadysplasie in die Typen A-D nach Dejour [36]. Jeweils links die Darstellung im streng seitlichen Röntgenbild, rechts die dazu äquivalente axiale CT-Darstellung

Das *Crossing-Sign* entsteht in der streng seitlichen Röntgenaufnahme durch „den Schnitt des tiefsten Punktes der Trochlea mit dem prominentesten Punkt der lateralen Kondyle“ [1]. Es dient als sicheres Zeichen für das Vorhandensein einer Dysplasie.

Der *Trochlea-Bump* entsteht, wenn sich der tiefste Punkt der Trochlea prominenter als der anteriore Kortex des Femurs projiziert. Beim Gesunden liegt der Wert bei circa Null, bei Patellainstabilität ist er signifikant erhöht und ab 3 mm pathologisch. Er vergrößert sich mit Zunahme der Dysplasie signifikant und kann als quantitativer Marker verstanden werden [33].

Die *Trochlea-Tiefe* dient ebenfalls als quantitativer Parameter und beschreibt die Tiefe des Sulcus trochleae im streng seitlichen Röntgenbild, gemessen 15° distal der Senkrechten auf die Verlängerung der posterioren Femurkortikalis. Auch dieser Wert verändert sich signifikant mit der Ausprägung der Dysplasie ($7,8 \pm 1,5$ mm beim Gesunden; $0,8 \pm 1,0$ mm bei Dysplasie Grad 3) [33].

Balcarek et al. führten 2010 eine Studie mit 100 Patienten in der Studiengruppe und 157 in der Kontrollgruppe zur geschlechtsabhängigen Prävalenz der Trochleadysplasie bei Patellaluxation durch. Sie kamen zu dem Ergebnis, dass bei Patienten mit Patellaluxation ein höherer Sulcus-Winkel, größere Trochlea-Asymmetrie und eine kleinere Sulcus-Tiefe vorliegen [34]. Außerdem waren bei Frauen sowohl Trochlea-Asymmetrie und Sulcus-Winkel signifikant größer, als auch Sulcus-Tiefe signifikant kleiner als bei Männern [34].

Dies erklärt, warum sich bei Frauen Erstluxationen häufig schon bei sogenannten „low-risk pivoting-activities“ ereignen, wohingegen Erstluxationen bei Männern meistens bei „high-risk pivoting-activities“ (z.B. Fußball, Basketball, Eishockey) auftreten [34].

b) Patella alta

Der Hochstand der Kniescheibe wird von vielen Autoren als Risikofaktor für eine patellofemorale Instabilität bzw. Patellaluxation angeführt [10, 29, 32, 34, 37, 38].

Es wurden verschiedene Methoden zur radiologischen Bestimmung der Höhe der Kniescheibe veröffentlicht, z.B. der Blackburne-Peel-Index, Caton-Index, oder Insall-Salvati-Index [39].

Verschiedene Operationstechniken wurden veröffentlicht, um die Patella zu distalisieren und so die patellofemorale Instabilität zu adressieren [38, 40]. Laut Magnussen et al. haben jedoch 15-33% der Patienten auch nach der Distalisierung ein positives Apprehension-Sign [40] (Abwehrspannung bei Subluxation der Patella nach lateral [21]).

Nach Schmeling et al. ist die Patella alta nicht unbedingt Ursache der patellofemorale Instabilität, sondern kann auch Folge einer Trochleadysplasie sein [1]. Die Patella wird anstatt in den Sulcus trochleae einzugleiten nach proximal gedrückt. Eine Untersuchung von Davies et al. unterstützt diese These [41]. In dieser Studie trat bei jedem Knie mit einer Trochleadysplasie Grad 3 eine weitere Pathologie (z.B. Patella alta, erhöhter Patella Tilt) auf. Lag eine Patella alta vor, war der Sulcus-Winkel um 5° größer als bei der Kontrollgruppe (146.1° / 141.5°) [41].

Liegt radiologisch eine Patella alta vor, sollte sie also nicht isoliert chirurgisch therapiert werden, sondern die gesamte knöcherne Geometrie muss adressiert werden.

c) Patella-Tilt

Als Patella-Tilt wird die laterale Verkippung der Patella bezeichnet, also ein erhöhter patellofemoraler Winkel. Ein erhöhter Tilt wird dabei als Zeichen einer Quadrizeps-Dysplasie verstanden [33, 41]. Dejour et al. bezeichnen den erhöhten Patella-Tilt als wichtigen Faktor der patellofemorale Instabilität, der in 83% ihrer Patienten vorlag [33]. In der Kontrollgruppe lag der Winkel bei $10,8^\circ \pm 5,4^\circ$, in der Studiengruppe bei $31,5^\circ \pm 9,4^\circ$. Ein Winkel von mehr als 20° wird dabei als pathologisch gewertet [33].

Laut Fucentese et al. kann jedoch der Patella-Tilt auch durch eine zu Grunde liegende Trochleadysplasie vergrößert sein [42]. Schmeling sieht darin, ähnlich wie bei der Patella alta, wiederum eher „ein Symptom einer patellofemorale Instabilität“ als einen Risikofaktor [1].

d) TT-TG-Abstand

Der „tibial tuberosity trochlear groove“-Abstand wird von vielen Autoren als wichtiger Wert in der Diagnostik des Patellofemoralgelenkes angesehen [22, 33, 43, 44]. Es handelt sich um den Abstand zwischen der Tuberositas tibiae und dem Sulcus trochleae in zwei übereinander projizierten axialen Schichten [1]. Er dient zur Quantifizierung des Quadrizeps-Winkels [1].

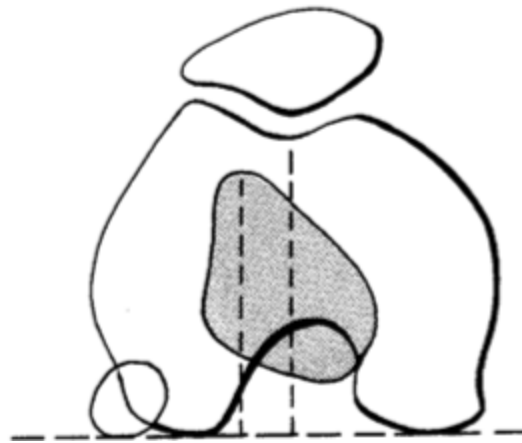


Abb. 5: TT-TG-Abstand. Die grau schraffierte Fläche stellt die distale Schicht auf Höhe der Tuberositas tibiae dar. Die zweite, proximale Schicht ist am tiefsten Punkt des Sulcus trochleae gewählt. Der TT-TG-Abstand wird in cm zwischen diesen beiden auf der Tangente an die Femurkondylen errichteten Senkrechten gemessen [33]

Bei Trochleadysplasie liegt der Sulcus trochleae weiter medial, wodurch der TT-TG-Abstand erhöht wird [45, 46]. Rotationsfehlstellungen sowohl der Tibia (Außenrotation, lateralisiert die Tuberositas tibiae) als auch des Femur (Antetorsion, medialisiert Sulcus trochleae) erhöhen den Wert ebenfalls. Auch eine Valgusdeformität führt zu einem vergrößerten TT-TG-Abstand [1].

Balcarek et al. fanden unter ihren Patienten mit patellofemorale Instabilität bei den weiblichen einen noch stärker erhöhten Wert als bei den männlichen (♀ : 4,1 mm / ♂ : 1,6 mm größer als bei der Kontrollgruppe) [34].

Ein vergrößerter TT-TG-Abstand spiegelt also verschiedene Risikofaktoren der patellofemorale Instabilität, respektive der Patellaluxation wider. Er ist Zeichen eines vergrößerten Quadrizepswinkels, z.B. durch Trochleadysplasie oder Rotations- und Valgusfehlstellungen.

e) Ligamentum patellofemorale mediale (MPFL)

Das Ligamentum patellofemorale mediale (MPFL) ist laut zahlreicher Studien die wichtigste Struktur unter den passiven Stabilisatoren der Patella [6, 11, 14-16]. Ohne eine Ruptur des MPFL ist eine Luxation der Patella nach lateral nicht möglich [6]. Vor allem in strecknaher Position stabilisiert es gegen nach lateral wirkende Kräfte.

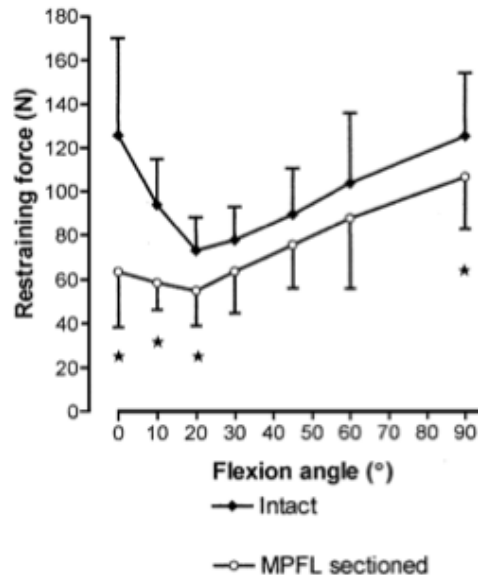


Abb. 6: Aufzeichnung der Kraft, die bei intaktem Kniegelenk die Patella um 10 mm lateralisiert, vor und nach Durchtrennung des MPFL. Das MPFL zeigt seine größte Wirkung in strecknaher Position [6]

* Signifikante Differenz

Liegt nun eine Trochleadysplasie vor, welche die Patella am regelrechten Eingleiten in den Sulcus trochleae hindert und so die Funktion der statischen Stabilisatoren schwächt, kommt dem MPFL als stabilisierende Struktur in dieser Position eine besondere Rolle zu [1]. Häufig ist es jedoch bei vorhandener Trochleadysplasie hypoplastisch angelegt oder durch eine stattgehabte Luxation defekt und stellt so einen bedeutenden Risikofaktor für Patellaluxation bzw. für Rezidive dar [37].

1.2.2.4 Komplikationen

Akut können mit der Patellaluxation, neben der Ruptur des medialen Retinakulums mit dem MPFL, Rupturen des vorderen Kreuzbandes oder des medialen Kollateralbandes [22] sowie ein Hämarthros einhergehen. In 39% der Fälle finden sich osteochondrale Fragmente [24], die dann als freie Gelenkkörper eine Indikation zur Arthroskopie darstellen können [24].

Längerfristig können sich eine chronische Instabilität, chronische Subluxationen oder rezidivierende Luxationen entwickeln [47]. Die wichtigsten Komplikationen der rezidivierenden und habituellen Luxation sind persistierende femoropatellare Schmerzen und Luxationsrezidive [9] sowie arthrotische Knorpelveränderungen.

Je nach Therapie und Studie ergeben sich verschiedene Komplikationsraten. Luxationsrezidive treten bei bis zu 70% auf [24]. In einer Studie von Mäenpää wurden über einen Zeitraum von 13 Jahren 100 Patienten nachuntersucht, die konservativ therapiert wurden und bei 50% weiterhin Symptome gefunden [48]. Persistierende Schmerzen treten bei 15% der Patienten auf [9].

Auch die operativen Therapien bringen Komplikationsrisiken mit sich: Nach medialer Raffung kann es zu Rezidivluxationen kommen, das laterale Release kann eine mediale Instabilität verursachen [1]. Wird bei der MPFL-Rekonstruktion eine nicht anatomische Insertion gewählt, kann dies zu erhöhter Bandspannung führen und ein Schmerzsyndrom auslösen [1, 49]. Je nach Methode kann die retropatellare Gelenkfläche durch „nicht streng tangential eingebrachte Implantate [...] signifikant geschädigt“ werden [1].

Balcarek et al. fanden Knorpelschäden bei circa 30% ihrer Patienten mit nicht operativ behandelter Erstluxation [50]. In einer anderen Studie wurden sogar bei 72% kartilaginäre Verletzungen nach akuter Patellaluxation nachgewiesen [51]. Degenerative Knorpelveränderungen werden jedoch erst nach etwa fünf Jahren sichtbar [25]. Nach MPFL-Rekonstruktion stellte Nomura in einer Follow-Up-Studie über circa zwölf Jahre „keine oder nur leichte Progression“ der präoperativ vorhandenen Knorpelschäden fest [52]. Hat sich eine retropatellare Arthrose manifestiert, kann bei diesen Patienten auf

Grund der starken Schmerzsymptomatik ein femoropatellarer Gelenkersatz indiziert sein [1].

Die Patellaluxation zieht also häufig weitreichende Komplikationen nach sich, die für den Patienten sowohl Funktionseinschränkungen im Alltag bedeuten als auch längerfristig zu arthrotischen Veränderungen führen und deren Entwicklung durch eine rechtzeitige Therapie verhindert werden soll.

1.2.2.5 Diagnostik der Patellaluxation

Zur Diagnostik der patellofemorale Instabilität bzw. der Patellaluxation zählen neben einer ausführlichen Anamnese über Luxations- und Subluxationsphänomene eine körperliche Untersuchung und Bildgebung.

a) Anamnese

Anamnestisch sind bei Erstluxationen der Luxationsmechanismus und die Reposition zu erfragen [4]. Bei habituellen Luxationen müssen Häufigkeit und Auslöser der Luxationen oder Subluxationen erfragt werden. Meistens handelt es sich hierbei um inadäquate Bagatelltraumen [9]. Auch eine ausführliche Familienanamnese sollte erhoben werden, da die habituelle Patellaluxation familiär gehäuft vorkommt und mit einer Trochleadysplasie als Risikofaktor einhergeht [1].

b) Klinische Untersuchung

Bei der klinischen Untersuchung muss die ganze untere Extremität hinsichtlich Achs- und Rotationsfehlstellungen beurteilt werden [53]. Im Falle einer akuten Luxation muss eine Verletzung des medialen Kollateralbandes und des vorderen Kreuzbandes ausgeschlossen werden und durch ausführliche Palpation und Schmerzlokalisierung medial der Patella die Stelle der Ruptur des Retinakulums gesucht werden [1, 4, 53]. Bei der habituellen bzw. rezidivierenden Luxation müssen Bewegungsumfang (Neutral-Null-Methode), Quadrizepsatrophie (speziell des VMO, der am medialen Rand der Patella inseriert [54]), sowie eine generelle Bandlaxizität (z.B. durch Daumen-Radius-Abstand) geprüft werden.



Abb. 7: Durchführung des Daumen-Radius-Abstand-Tests, Teil des Beighton Scores [55]

Falls eine Krepitation auftritt oder das Zohlen-Zeichen positiv ist, spricht dies für einen bereits vorhandenen retropatellaren Knorpelschaden. Weiterhin müssen spezielle Patellatests wie das Apprehension-Sign (Abwehrspannung bei Subluxation der Patella nach lateral [21]), oder der Patella-Glide-Test (Verschieblichkeit der Patella nach lateral in Vierteln der Gesamtbreite) durchgeführt werden [53].

c) Bildgebung

Sowohl eine konventionelle als auch eine Schnittbildgebung sind bei der Patellaluxation sinnvoll. Im Röntgen werden Bilder im anterior-posterioren, streng seitlichen und tangentialen Strahlengang sowie Patella-Defilee Aufnahmen vorgeschlagen [1, 4, 8, 15]. Laut Schmeling ist das streng seitliche Bild in 30° Flexion ausreichend, Bilder im a.p.-Strahlengang seien „von eingeschränkter Bedeutung“ [1]. Auch Krüger-Franke et al. halten eine Patellatangentialaufnahme und eine streng seitliche Aufnahme für ausreichend [4]. Beurteilt werden in der Tangentialaufnahme knöcherne Absprengungen/Abscherfragmente am medialen Patellarand oder am lateralen Kondylus. In der streng seitlichen Aufnahme wird der bereits 1971 beschriebene Insall-Salvati-Index gemessen, um einen Hochstand der Patella (Patella alta) festzustellen. Dieser Index beschreibt das Verhältnis zwischen der Länge der Patellasehne und der vertikalen Höhe der Patella [56]. Dazu wird die Strecke der Patellasehne zwischen unterem Patellapol und Ansatz an der Tuberositas tibiae gemessen (LT) und durch die

Länge der Strecke vom superioren zum inferioren Patellapol dividiert (LP) [11, 56, 57].
Werte über 1,2 entsprechen einer Patella alta [39, 56, 57].



Abb. 8: Insall-Salvati-Index zur Diagnostik der Patella alta. LP: Länge der Patella, LT: Länge der Patellasehne [57]

Außerdem wird die Konfiguration der Trochleae beurteilt und nach Dejour (Typen A-D) eingeteilt (siehe oben). Falls eine Trochleadysplasie vorliegt, muss dies bei der Therapieentscheidung berücksichtigt werden.

Als Schnittbildgebung werden sowohl eine Computertomographie als auch eine MRT-Aufnahme diskutiert. Bei akuten traumatischen Luxationen ist eine „MRT obligat zur Knorpeldiagnostik und zur Feststellung des Rupturorts des MPFL“ [4]. Die Ruptur kann sich am femoralen Ursprung, an der patellaren Insertion oder im Verlauf des MPFL befinden [50].

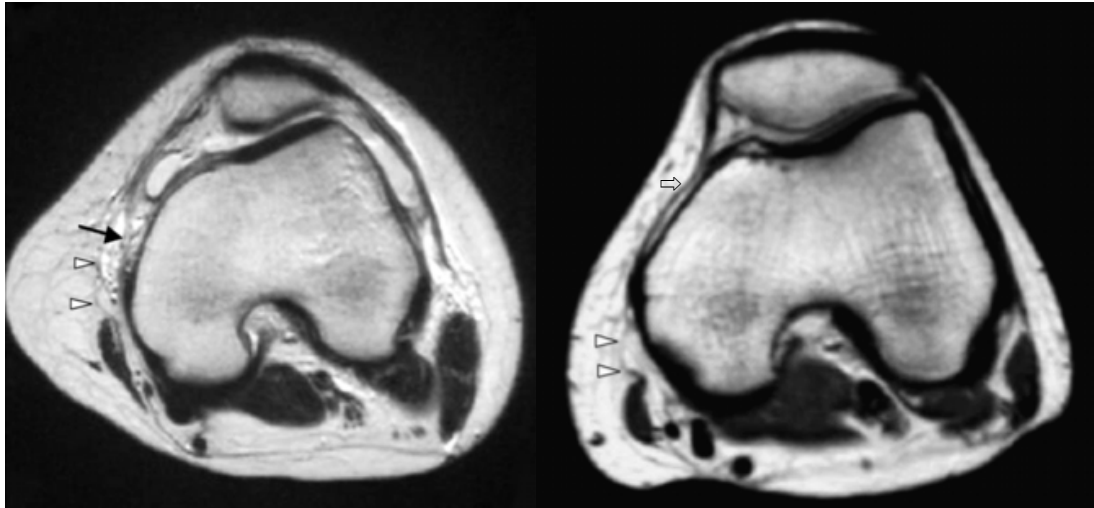


Abb. 9: MRT-Abbildung.

Links (axial in T2-Wichtung): Ruptur des MPFL am femoralen Ursprung. → hyperdense Signalanhebung am medialen Kondylus. ▷ Fascia cruris.

Rechts: Normales MPFL im Gesunden. ▷ Fascia cruris. ⇨ mediales Retinakulum. [58]

In der CT kann die „knöcherne Anatomie“ und die „Architektur des patellofemorales Gelenkes“ [15] beurteilt werden.

Auch der TT-TG-Abstand (tibial tuberosity trochlear groove) kann hier erhoben werden. Balcarek et al. ermittelten den Normwert anhand von Messungen in einer Kontrollgruppe bei $11,0 \pm 3,9$ mm für Männer und $10,0 \pm 3,5$ mm für Frauen [34]. Pandit et al. geben den Normwert mit 9,91 mm (8,9-10,8) für Männer und 10,04 mm (8,9-11,1) für Frauen an und schlagen für beide einen durchschnittlichen Normwert von 10 ± 1 mm vor [43]. Pathologisch ist der Wert nach Dejour et al. ab ≥ 20 mm [33], nach Balcarek et al. ab > 15 mm [34].

Bei patellofemorale Instabilität ist der Wert häufig vergrößert, da entweder die Tuberositas lateralisiert oder, vor allem bei dysplastischer Trochlea, der Sulcus trochleae medialisiert ist und dadurch die Instabilität bedingt [44]. Schöttle et al. untersuchten, ob der TT-TG-Abstand ausschließlich, wie früher postuliert wurde, im CT gemessen werden kann. Sie führten dazu MRT- und CT-Untersuchungen an zwölf Knien durch. Die Werte zeigten dabei eine Korrelation von 86% ohne signifikante

Abweichungen zwischen den beiden Methoden [44]. Die MRT bedeutet zum einen keine Strahlenbelastung für die Patienten, zum anderen stellt sie sowohl Knorpel- als auch Weichteilverhältnisse besser dar als die Computertomographie [43, 44].

Ein „streng seitliches Röntgenbild zur Orientierung und eine MRT-Untersuchung“ reichen also aus, um „das Patellofemoralgelenk umfassend zu analysieren“ [1, 43, 59].

1.2.2.6 Therapeutische Optionen bei Patellaluxation

Es wurden über 100 therapeutische Optionen bei Patellaluxation beschrieben. Grundsätzlich muss zwischen konservativer und operativer Therapie unterschieden werden. Für eine operative Therapie stehen viele verschiedene Ansätze zur Verfügung. Prinzipien und Indikationen sollen im Folgenden erörtert werden.

a) Konservative Therapie

Indikationen zur konservativen Therapie sind die patellofemorale Instabilität oder die traumatische Patellaerstluxation, sofern keine osteochondrale Fraktur, Verletzung des vorderen Kreuzbandes oder des Innenmeniskus vorliegt [4, 9, 22]. Bei der akuten Luxation muss die Patella reponiert und eine Schmerzentlastung geschaffen werden. Dies geschieht z.B. durch Punktion des Hämarthros, Kühlung und Ruhigstellung des Kniegelenkes im Gipstutor oder einer Knieimmobilisationsschiene [9, 22, 60, 61].

In der Rehabilitation wird dann sowohl eine Muskeldehnung (M. quadriceps femoris, Tractus iliotibialis, laterales Retinakulum, Kniebeuger, Gastrocnemius, Achillessehne) als auch eine Muskelkräftigung durchgeführt. Dabei wird vor allem der M. vastus medialis obliquus adressiert, da dieser der wichtigste dynamische Stabilisator der Patella ist [1, 11].

Weiterhin können Bandagen und Tape-Verbände zur Zentrierung der Patella angewendet werden. Außerdem sollte ggf. eine Gewichtsreduzierung angestrebt werden [1, 22].

Petri et al. untersuchten im Rahmen einer randomisierten kontrollierten klinischen Studie das Ergebnis nach konservativer Therapie. Es wurden 20 Patienten mit traumatischer Erstluxation eingeschlossen und in eine konservative und operative Therapiegruppe geteilt. Das Ergebnis wurde anhand des *Kujala Anterior Knee Pain*

Score untersucht. Es wurden in dem allerdings sehr kleinen Patientenkollektiv keine signifikanten Unterschiede im funktionellen Ergebnis zwischen operativ versorgten und konservativ behandelten Patienten beobachtet, allerdings zeigte sich eine geringere Relaxationsrate bei der operativen Gruppe [62].

Ahmad et al. führten eine Untersuchung mit gleichem Aufbau durch und kamen zu einem vergleichbaren Ergebnis [63].

Buchner et al. konnten in einer retrospektiven klinischen Studie keinen signifikanten Vorteil bei der operativen Therapie erkennen [64]. Die Untersuchungen von Apostolovic et al. bestätigen diese Beobachtungen und empfehlen eine individuelle Beurteilung des einzelnen Patienten, um eine Therapieentscheidung hinsichtlich operativem oder konservativem Vorgehen zu treffen [60].

b) Operative Therapie

Es gibt viele Verfahren, die Patellaluxation operativ zu behandeln. Die richtige Methode muss anhand von individuellen Risiko- und Prädispositionsfaktoren ausgewählt werden.

Laterales Release und mediale Raffung

Ziel des lateralen Release ist es, die Zugkraft nach lateral zu mindern und so die Luxationstendenz zu verkleinern [65]. Dazu wird das laterale Retinakulum ganz oder teilweise durchtrennt. Dies kann arthroskopisch oder über einen offenen Zugang erreicht werden [21].

Das laterale Retinakulum lateralisiert die Patella auf Grund seines Faserverlaufes erst in Beugstellung, bildet jedoch in Streckstellung eine Weichteilbarriere gegen lateralisierende Kräfte [1]. Diese Funktion kann nach lateralem Release aufgehoben sein, außerdem bildet sich Narbengewebe, das eine unphysiologische Zugwirkung nach proximal und lateral auf die Kniescheibe ausübt [1]. Weiterhin kann sich eine mediale Instabilität entwickeln, wodurch Schmerzen, eingeschränkte Funktion und Subluxationen nach medial verursacht werden [66-68].

Roth et al. halten das laterale Release bei Heranwachsenden mit rezidivierenden Luxationen, normaler knöcherner Geometrie und kontraktum lateralem Retinakulum für eine erfolgreiche Therapie [69].

Christoforakis et al. untersuchten in sieben Knien die Patellaverschieblichkeit in verschiedenen Flexionswinkeln vor und nach lateralem Release. Nach lateralem Release war bei 0°, 10° und 20° Flexion die benötigte Kraft um die Patella 10 mm zu lateralisieren signifikant niedriger als vorher. Auch bei allen anderen Flexionswinkeln war eine geringere Kraft nötig, es ergab sich jedoch kein signifikantes Ergebnis [70]. Durch das laterale Release entsteht also vor allem in strecknaher Position eine erhöhte Instabilität nach lateral [1, 70, 71]. Aber auch eine mediale Subluxation oder Luxation kann nach lateralem Release auftreten [68].

Sowohl Fithian als auch Latterman empfehlen das laterale Release nicht isoliert durchzuführen [66, 71].

Das laterale Release ist eine umstrittene Therapiemethode mit enger Indikation, die sogar zu einer biomechanischen Verschlechterung der Stabilität führt.

Der Grundsatz der medialen Raffung ist, die Zugrichtung der aktiven Stabilisatoren zu ändern. Da deren Faserverlauf aber nicht geändert werden kann, ist diese Maßnahme erst ab einer Flexion von 60° wirksam. Jedoch wird die Patella proximalisiert und eventuell sogar lateralisiert. Dadurch erhöht sich der Anpressdruck während der Beugung und es kann zu einem postoperativen Schmerzsyndrom und degenerativen Knorpelveränderungen kommen [1].

In strecknaher Position kann durch die mediale Raffung keine Stabilisation erreicht werden. Die Methode „entspricht nicht mehr dem aktuellen Stand der Therapie“ [4].

Trochleoplastik bei Dysplasie

Die Trochleoplastik adressiert kausal den Risikofaktor der Trochleadysplasie. Das Ziel der Operation ist es, die Prominenz der Trochlea zu verkleinern und einen neuen Sulcus mit normaler Tiefe zu schaffen [36]. Dazu wird die Methode nach Bereiter (1994) gewählt. Dabei wird nicht die laterale Kondyle angehoben, sondern die Trochlea vertieft

und so eine V-Form erreicht [46]. Die Indikation zu diesem Eingriff ist gegeben bei rezidivierenden Patellaluxationen bei ausgeprägter Trochleadysplasie [1, 36, 72]. Da in manchen Fällen trotz erfolgreicher Operation immer noch eine strecknahe Instabilität vorliegt, kann die Trochleoplastik in solchen Fällen mit einer MPFL-Rekonstruktion verbunden werden [1].

Schöttle et al. konnten bei ihren Patienten so die Stabilität verbessern, die Sulcustiefe erhöhen und den TT-TG-Abstand verringern [46].

Das Verfahren ist jedoch chirurgisch anspruchsvoll und invasiv. Es sollte nicht bei schon vorhandenem Knorpelschaden oder offenen Wachstumsfugen angewendet werden [1, 36, 46, 72].

Tuberositäsdistalisierung und -medialisierung

Die Distalisierung und Medialisierung der Tuberositas tibiae, die den distalen Ansatz der Patellasehne bildet, erfolgt, um den TT-TG-Abstand zu reduzieren und den Q-Winkel zu verkleinern und, im Fall der Distalisierung, eine Patella alta zu korrigieren. Für die Medialisierung wird meistens das Verfahren nach Elmslie angewendet [4, 9, 73]. Naveed et al. beschreiben bei 62,5% der Patienten gute bis sehr gute Ergebnisse [3]. Nach Elias et al. nimmt der patellofemorale Druck durch die Versetzung der Tuberositas nicht ab. So können frühzeitige degenerative Knorpelveränderungen und Schmerzen entstehen [74, 75].

Schmelting et al. sehen für die Medialisierung der Tuberositas „nur in den seltensten Fällen“ eine Indikation [1].

MPFL - Rekonstruktion

Die Rekonstruktion des Ligamentum patellofemorale mediale ist vor allem bei chronisch rezidivierenden Luxationen indiziert. Sie kann auch durchgeführt werden, wenn auf Grund vieler schon stattgehabter Luxationen bereits ein Knorpelschaden vorhanden ist [1]. Wie oben beschrieben, ist das MPFL die wichtigste passiv stabilisierende Struktur und bei Patellaluxationen fast immer beschädigt bzw. nicht suffizient ausgebildet [6].

Daher wird der Therapieansatz der MPFL-Rekonstruktionen immer mehr favorisiert. Viele verschiedene Operationstechniken wurden dazu beschrieben [76-83]. Die anatomische Rekonstruktion mit einer autologen Gracilissehne stellt hierbei eine weit verbreitete Technik dar.

Im Folgenden soll das funktionelle postoperative Ergebnis der am Lehrstuhl für Orthopädie der Julius-Maximilians-Universität Würzburg, König-Ludwig-Haus, angewendeten Technik, der MPFL-Rekonstruktion mit autologer Gracilissehne ohne Einbringung weiteren Fremdmaterials an der patellaren Insertion, untersucht werden.

1.3 Hypothese

Ziel dieser Arbeit war es, die klinischen Ergebnisse, die Komplikationen, sowie die subjektive Einschätzung des Gesundheitszustandes der Patienten nach MPFL-Rekonstruktion mit autologer Gracilissehne und einer transplantatfreien patellaren Fixationstechnik bei Patellaluxation anhand von patientenbezogenen subjektiven und objektiven Untersuchungsparametern zwölf Monate postoperativ zu untersuchen.

Die Hypothese war, dass diese Operationstechnik bei niedriger Komplikationsrate zu einer signifikanten Verbesserung der klinischen Ergebnisse führt.

2 Material und Methoden

Im Zeitraum vom 01.01.2011 bis zum 30.11.2012 wurden 27 Patienten, an denen ein Ersatz des MPFL durchgeführt worden war in die Studie eingeschlossen. Alle Patienten erfüllten die Einschlusskriterien für die Nachuntersuchung. 24 der eingeschlossenen Patienten konnten über den gesamten Untersuchungszeitraum von zwölf Monaten an den entsprechenden Terminen nachuntersucht werden, 3 Patienten konnten nur über sechs Monate verfolgt werden.

Die Operationen und Vor- bzw. Nachuntersuchungen wurden im König-Ludwig-Haus, Würzburg durchgeführt.

2.1 OP-Verfahren und Nachbehandlungsplan

2.1.1 OP-Verfahren

Das Ziel der hier angewendeten Operationstechnik ist es, das Ligamentum patellofemorale mediale mit Hilfe einer autologen Sehnenplastik (Sehne des M. gracilis), einer Weichteilfixation an der patellaren Insertion und einer femoralen Fixation mittels bioresorbierbarer Schraube zu rekonstruieren.

Die Sehnenentnahme erfolgt in standardisierter Technik über einen Zugang medial der Tuberositas tibiae. Zunächst wird die Sehne des M. gracilis an seiner Insertion am Pes anserinus aufgesucht, mit einem resorbierbaren Vicryl-Faden der Stärke 2 in der sogenannten „Baseball-Naht-Technik“ angeschlungen und unter Mitnahme eines schmalen Periostsaums scharf vom Knochen abgesetzt. Das Absetzen des proximalen Sehnenanteils erfolgt mit einem entsprechenden Instrument (sog. Sehnenstripper).



Abb. 10: Darstellen der Insertion der Sehne des M. gracilis am Pes anserinus

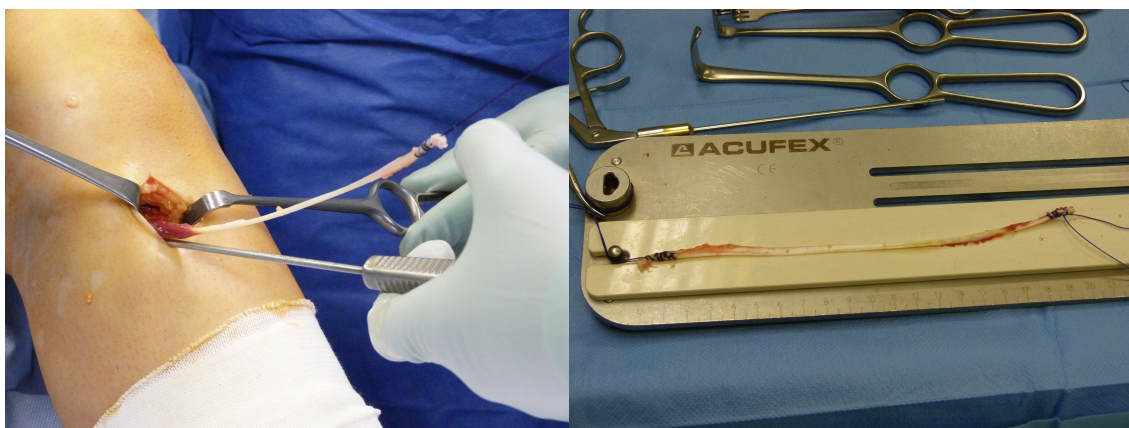


Abb. 11, 12: Absetzen des proximalen Sehnenanteils mit Sehnenstripper und Präparation auf Präparierboard

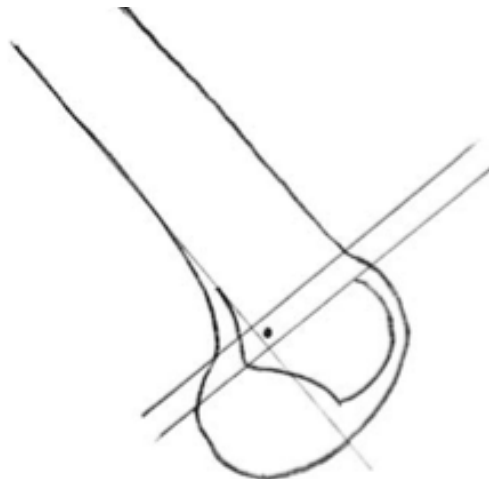


Abb. 13, 14: Aus [84]. Intraoperative Kontrolle mit Bildverstärker und anatomische Insertion des MPFL im Schema

Das entnommene Transplantat wird auf einem Sehnenpräparationssystem auch am proximalen Ende in der gleichen Technik armiert.

Nun wird durch eine ca. 2 cm lange parapatellare Inzision in Höhe des proximalen medialen Patelladrittels die anatomische Schicht des MPFL „zwischen der zweiten und dritten Schicht des medialen patellofemorales Komplexes [...] bis zum femoralen Insertionsbereich präpariert“ [1] und ein Tunnel für das Transplantat gebildet. Die Sehne wird nahe der Patella in die mediale Kapsel und Patellaperiost eingeflochten und mittels resorbierbaren Nahtmaterials (Vicryl Stärke 0) fixiert.

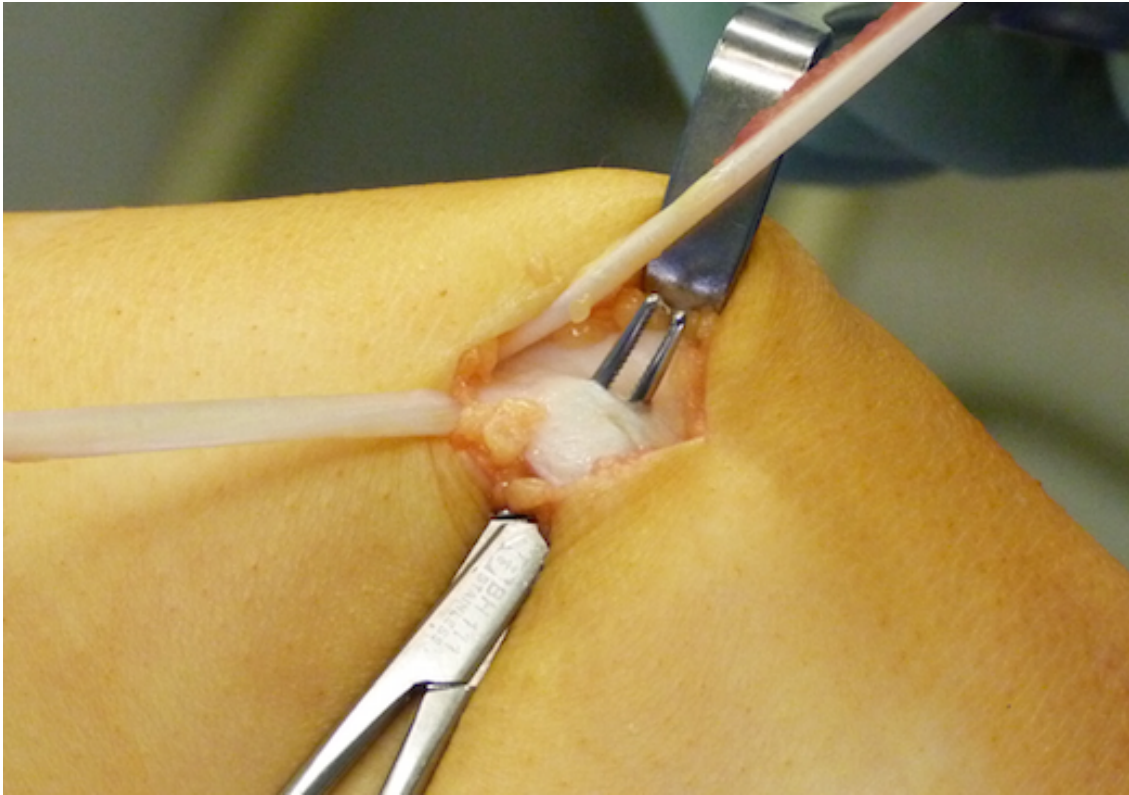


Abb. 15: Einflechten des Transplantats in die mediale Kapsel und Periost der Patella.
Eingebrachte Klemme zum Durchzug des Transplantats

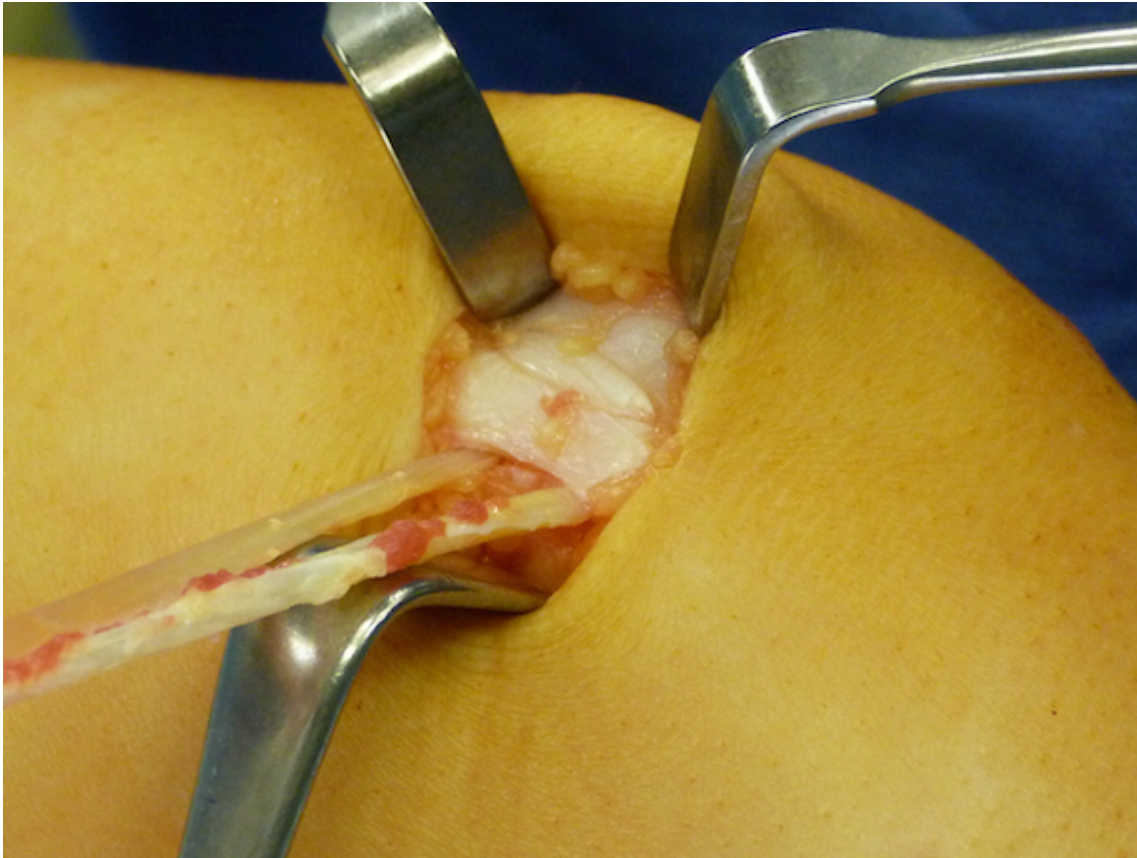


Abb. 16: In mediale Kapsel und Patellaperiost eingeflochtenes Transplantat

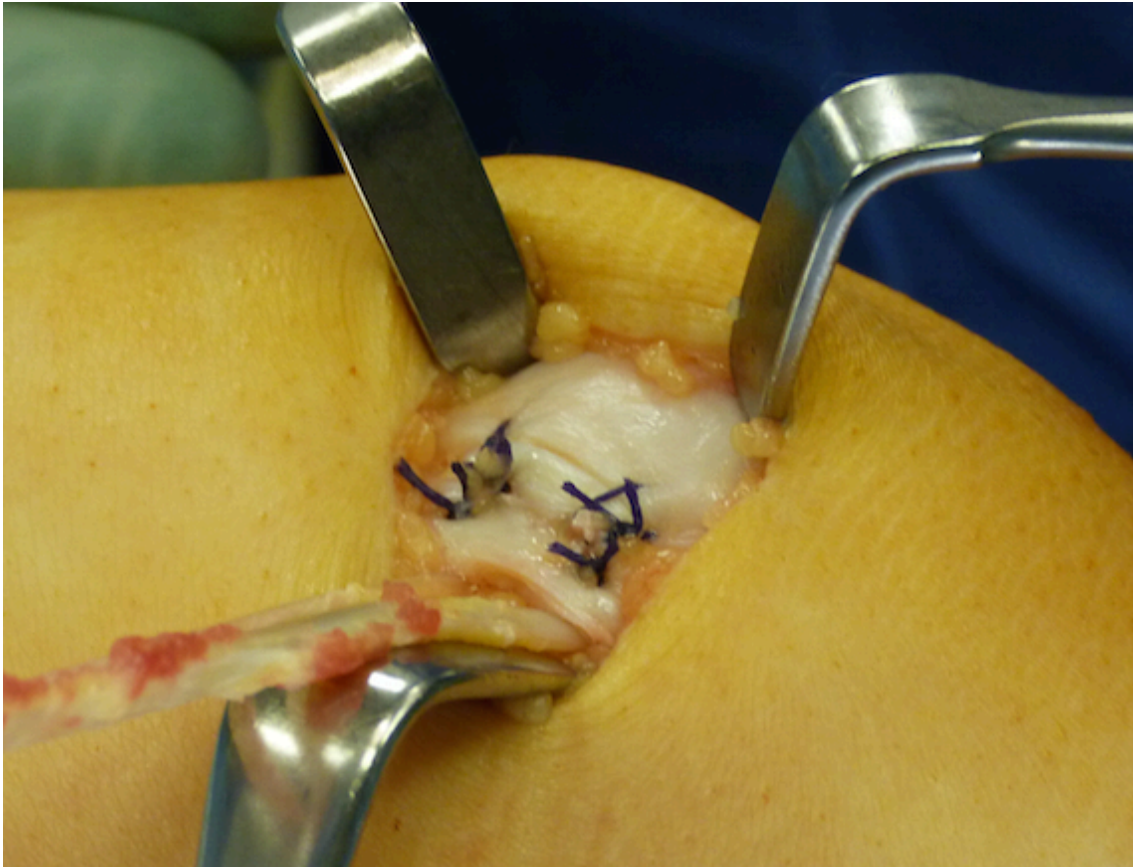


Abb. 17: Fixierung des eingeflochtenen Transplantats mit Vicryl Stärke 0

Anschließend wird in 30° Flexion die femorale Insertion des MPFL distal des Tuberculum adductorium und superoposterior des medialen Epicondylus femoris [19] aufgesucht und dargestellt. Unter Bildverstärkerkontrolle im streng seitlichen Strahlengang wird ein Kirschnerdraht „ca. 1,3 mm vor der dorsalen Verlängerungslinie des Femurkortex und 2,5 mm distal der hinteren Begrenzung des medialen Femurkondylus und proximal zur Höhe des dorsalsten Punktes der Blumensaat Linie“ [1] eingebracht und mit einem kanülierten Bohrer überbohrt [77]. Anschließend wird eine Fadenschleife von medial nach lateral transfemorale durchgezogen.



Abb. 18, 19: Einbringen eines Führungsdrahtes an der anatomischen Insertion des MPFL unter Bildverstärkerkontrolle. Überbohren des Führungsdrahtes

In der anfangs präparierten Schicht wird das Transplantat von der Patella zur femoralen Insertion und dort mittels einer Fadenschleufe in den Bohrkanaal eingezogen und mit einer resorbierbaren Interferenzschraube fixiert.

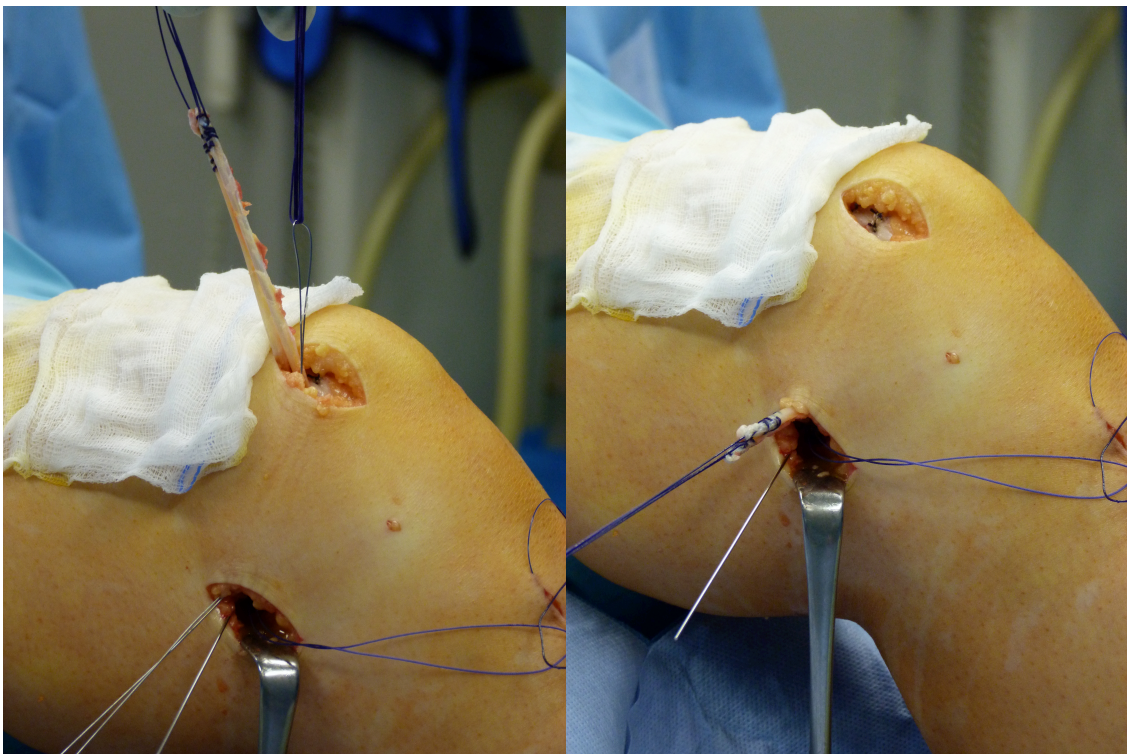


Abb. 20, 21: Vorlegen einer Zugschleufe und Durchzug des Transplantats durch den vorher in der anatomischen Schicht präparierten Tunnel



Abb. 22: Fixierung des Transplantats mit einer resorbierbaren Interferenzschraube

2.1.2 Nachbehandlungsplan

Die Nachbehandlung wurde nach einem standardisierten Protokoll durchgeführt:

Postoperative Behandlung:

- Postoperativ Hochlagerung des Beines
- Gehschule mit Knieimmobilisationsschiene und 20 kg Teilbelastung an Unterarmgehstützen für 6 Wochen unter risikoadaptierter Thromboseprophylaxe vorzugsweise mit niedermolekularem Heparin
- Passive Mobilisation ab dem 2. post-operativen Tag mit Limitierung der Extension/Flexion auf $0^{\circ}/0^{\circ}/90^{\circ}$ für 6 Wochen
- Elektrotherapie zur Stimulierung des M. vastus medialis obliquus
- Isometrische Quadrizepsspannung
- Aktive Quadrizepsspannung im Bereich Extension/Flexion $0^{\circ}/40^{\circ}/90^{\circ}$
- Training der Hüftabduktoren, insbesondere des Glutaeus medius, zur Vermeidung der Valgus-Tendenz des Knies
- Beinachsentraining und Stabilisation in Rückenlage und Sitz
- Rumpfstabilisierende Übung
- Regelmäßige Wundkontrollen sowie Fadenzug um den 12. postoperativen Tag

Ab der 7. postoperativen Woche:

- Freigabe der Beweglichkeit
- Steigerung der Belastung über die Hälfte des Körpergewichts und 4-Punkte-Gang: schmerzadaptiert und patientenadaptiert bis zur Vollbelastung
- Stabilisation im Stand und auf instabilen Unterlagen
- Propriozeptionstraining
- Koordinationstraining
- Beinachsentraining im Stand und auf instabilen Unterlagen
- Sprünge
- Sportspezifische Übungen

Bis 3 Monate postoperativ:

- Kontrollierte sportliche Aktivitätssteigerung und Kräftigung der knieumspannenden Muskulatur

Bis 6 Monate postoperativ:

- Vermeidung von Kontaktsportarten und Sportarten mit hoher Belastung des Kniegelenkes

2.2 Studien-Design

Bei dieser Studie handelte es sich um eine prospektive Verlaufsbeobachtung. Das Patientenkollektiv bestand aus einer Gruppe, deren Probanden an Hand von vorher festgelegten Ein- und Ausschlusskriterien (s. 2.2.1, S. 33) ausgewählt wurden.

Zu vier verschiedenen Zeitpunkten wurden Daten von den Patienten erhoben: vor der Operation sowie drei, sechs und zwölf Monate nach dem Eingriff. Zu diesen Daten zählten die Patientenfragebögen „Kujala’s Anterior Knee Pain Score“ und der „Validierte Fragebogen über Kniebeschwerden“ nach F. Flandry sowie die klinischen Untersuchungsbefunde. Anhand der präoperativen MRT-Bilder wurden der Insall-Salvati Index und der TT-TG bestimmt.

Die erhaltenen Daten wurden statistisch ausgewertet und graphisch dargestellt.

Tab. 1: Durchgeführte Datenerhebung

	prä-OP	3 Monate	6 Monate	12 Monate
Scores	x	x	x	x
klin. Untersuchung	x	x	x	x
MRT	x			
Röntgen	x			

2.2.1 Ein- und Ausschlusskriterien

Folgende Einschlusskriterien wurden festgelegt:

- BMI zwischen 16-30 kg/m²
- Alter zwischen 10 und 45 Jahren
- traumatische oder habituelle Patellaluxation

Folgende Ausschlusskriterien wurden für die Teilnahme an der Studie festgelegt:

- BMI > 30 kg/m²
- Z.n. Tuberositasversetzung
- Z.n. Kreuzbandersatzplastik
- III° Knorpelschaden am betroffenen Kniegelenk
- neuromuskuläre Erkrankungen
- stattgehabte kniegelenksnahe Frakturen, inklusive Patellafrakturen
- retropatellare Arthrose

2.2.2 Patienten-Fragebögen

Zu jedem Untersuchungszeitpunkt wurden bei den Patienten die Daten aus dem „Kujala’s Anterior Knee Pain Score“ und dem „Validierten Fragebogen über Kniebeschwerden“ nach F. Flandry et al. in der deutschen Übertragung von J. Höher et al. erhoben [85, 86].

2.2.2.1 Kujala-Score

Der „Kujala’s Anterior Knee Pain Score“ (AKPS) besteht aus 13 Fragen, die sich auf Funktion und Schmerz beziehen. Im Einzelnen werden Hinken, Belastungsfähigkeit, Gehen, Treppensteigen, Kniebeugen, Rennen/Joggen, Springen, Sitzen mit gebeugtem Knie, Schmerz, Schwellung, abnormale schmerzhafte Bewegung der Patella, Atrophie des M. quadriceps, sowie eine Einschränkung der Flexion abgefragt.

Der Patient muss diejenige Antwort aus den vorgegebenen Möglichkeiten heraussuchen, die am besten zum aktuellen Zustand seines betroffenen Kniegelenkes passt. Jede Antwortmöglichkeit ist mit einer Punktzahl versehen, deren Summe sich zu einer Gesamtpunktzahl addiert. Diese liegt zwischen null und einhundert, wobei null eine maximale Einschränkung und einhundert überhaupt keine Einschränkung bedeutet.

Der „Kujala’s Anterior Knee Pain Score“ hat sich als verlässlich, valide und reproduzierbar erwiesen [87].

Kay M. Crossley et al. haben im Jahre 2004 verschiedene Messmethoden für patellofemorale Schmerzen auf Verlässlichkeit und Validität untersucht und empfehlen die Verwendung des AKPS zur Untersuchung von Patienten mit vorderem Knieschmerz. Gründe dafür sind sowohl der geringe Zeitaufwand für die Durchführung als auch die Möglichkeit, nicht nur Schmerz sondern auch die Funktion des Kniegelenkes abzufragen.

Die Studie von Crossley et al. hat ergeben, dass bei einer Änderung der gesamten erreichten Punktesumme von 8-10 Punkten von einer realen Veränderung der Symptomatik ausgegangen werden kann. Ein durchschnittlicher Score von 70 bedeutete ein mittleres Schmerz- und Funktionsniveau. Eine Steigerung des Scores auf einen Punktwert über 80 bedeutet laut den Autoren eine signifikante Verbesserung der Kniegelenksfunktion und somit eine positive Bewertung der durchgeführten Intervention. Der AKPS ist eine schnelle und zuverlässige Methode den Therapieverlauf bei Patienten mit Patellaluxation zu verfolgen.

Table 5: Summary of Empirical Testing of Patellofemoral Pain Specific Outcome Measures

Outcome Measure	Reliability		Concurrent Validity	Responsiveness		Minimal Clinically Important Difference (%)
	Test-Retest	SEM		Median Change	Effect Size	
VAS-U	Moderate	0.6cm	Moderate	Significant	Large	1.5-2.0cm (20)
VAS-W	Good	0.6cm	Moderate	Significant	Medium	2cm (20)
VAS-activity	Good	3.5cm	Moderate	Significant	Medium	8-13cm (20)
FIQ	Poor	1.2	Moderate	Significant	Small	1-2 (13)
AKPS	Good	3.1	Moderate	Significant	Large	8-10 (10)

Abb. 23: Reliabilität des AKPS [88]

2.2.2.2 Validierter Fragebogen über Kniebeschwerden nach F. Flandry

Der „Validierte Fragebogen über Kniebeschwerden“ nach F. Flandry („Hughston Clinic Subjective Knee Questionnaire“) besteht aus 28 Fragen. Er wurde im Jahre 1995 von J. Höher et al. von der Universität Köln ins Deutsche übertragen und validiert [86].

Zusätzlich zu den 28 Fragen auf dem Score wurden hier noch eine Aktivitäts-Skala nach Tegner [131] und eine Abschlussfrage nach einer möglichen Einschränkung des Gesamt-Gesundheitszustandes erhoben, um die subjektive Beurteilung des Gesamtgesundheitszustandes und das Level der körperlichen Betätigung der Patienten zu evaluieren.

Die Datenerhebung dieses Scores beruht auf der Selbsteinschätzung der Patienten und funktioniert mittels einer visuellen Analog-Skala. Der Patient muss seine Antwort auf die jeweilige Frage auf einer Skala von null bis zehn auftragen.

Mit dem Fragebogen werden fünf verschiedene Kategorien erfasst:

1. Schmerz
2. Schwellung, Blockierung, Steife
3. Giving-way
4. Sport
5. Alltagsaktivitäten

Bei zehn der 28 Fragen besteht neben der Skala von null bis zehn zusätzlich die Möglichkeit „Nicht versucht“, anstatt „Nicht möglich auf Grund meines Kniegelenkes“, anzugeben, falls der Patient die gefragte Aktivität aus anderen Gründen außer der Verletzung seines betroffenen Gelenkes nicht ausgeführt hat. Wird eine Frage mit dieser Antwortmöglichkeit beantwortet, wird sie aus der Wertung genommen. Aus der Summe

der Antworten lässt sich so entweder ein relatives oder ein absolutes Gesamtergebnis berechnen [86].

Das absolute Ergebnis errechnet sich dabei folgendermaßen:

$$\text{Gesamtergebnis der 28 Fragen} / \text{maximal mögliches Ergebnis (280)} \times 100$$

Auf diese Weise ergibt sich ein Score zwischen null (schlechtster Zustand) und 100 (bester Zustand).

Die Formel für das relative Ergebnis berücksichtigt die Anzahl der mit „Nicht versucht“ beantworteten Fragen und sortiert so irrelevante schlechte Ergebnisse aus:

$$\text{relativer Score} = \text{Gesamtergebnis} / (280 - (\text{Anzahl der mit „nicht versucht“ beantworteten Fragen} \times 10))$$

J. Höher et al. haben in ihrer Studie neun aus den 28 Fragen ermittelt, deren Ergebnis als „wichtig“ bis „sehr wichtig“ eingestuft wurde. Zu diesen neun Kategorien zählen „Schwillt Ihr Knie an?“, „Blockiert Ihr Kniegelenk, so dass Sie es nicht mehr strecken können?“, „Gibt Ihr Knie nach, knickt es ein?“, „Wie oft schmerzt Ihr Knie?“, „Schnappt Ihr Knie oder klemmt es bei Bewegungen?“, „Probleme beim Treppenhinuntersteigen?“, „Probleme beim Treppenhinaufsteigen?“, „Probleme beim Knien?“ und „Probleme, wenn Sie in die Hocke gehen?“.

Der Fragebogens wurde durch J. Höher et al. validiert. Es wurden sowohl die Reliabilität im Vergleich mit anderen Scores, als auch die Testergebnisse vor und nach operativen Eingriffen (arthroskopische Meniskusresektion und ACL-Plastik) untersucht. Hier ergab sich, dass der VAS-Fragebogen „als einfaches Instrument zur Evaluation und Qualitätskontrolle von operativen Therapiemaßnahmen [...] eingesetzt werden“ kann [86].

Auch David M. Hooper et al. untersuchten 2001 die Validität des „Hughston Clinic Subjective Knee Questionnaire“ indem sie die von dem Fragebogen gelieferten Ergebnisse bei Patienten mit vorderer Kreuzband-Plastik zu verschiedenen Zeitpunkten mit quantitativen biomechanischen Untersuchungen verglichen. Die Studie zeigte, dass vor allem in der frühen post-operativen Phase eine gute Korrelation zwischen der Kniefunktion und dem Ergebnis des Fragebogens bestand [89]. Übereinstimmend befanden auch Yong Hao Pua et al. den Score für valide [90].

Der „Validierte Fragebogen über Kniebeschwerden“ nach F. Flandry ist ein valides und zeitsparendes Instrument, die subjektiven Beschwerden der Patienten nach operativen Eingriffen am Kniegelenk zu erfassen und auszuwerten.

2.2.2.3 Gesamtgesundheitszustand und Aktivitäts-Score nach Tegner

Zur Erfassung der subjektiven Beurteilung einer möglichen Einschränkung des Gesamtgesundheitszustandes und des Aktivitätslevels der Patienten wurden im Rahmen des validierten Fragebogens über Kniebeschwerden zwei weitere Fragen, abgefragt, die ebenfalls mit einem Punktwert von null bis zehn beantwortet werden konnten (s. Anhang 3., S. 98) [131].

Zur Auswertung wurden die Mediane zum jeweiligen Untersuchungszeitpunkt ermittelt und deren Verlauf graphisch aufgetragen.

2.2.3 Körperliche Untersuchung und Anamnese

Eine standardisierte körperliche Untersuchung wurde zu allen vier Zeitpunkten (präoperativ, drei, sechs und zwölf Monate postoperativ) sowie intraoperativ durchgeführt. Neben der körperlichen Untersuchung wurde eine ausführliche Anamnese über die stattgehabten Luxationen, bzw. Subluxationen und eventuelle Reluxationen erhoben. Die Patienten wurden nach Möglichkeit und Maß sportlicher bzw. krankengymnastischer Betätigung gefragt.

Folgende Untersuchungsbefunde wurden standardisiert erfasst:

- die laterale Verschieblichkeit der Patella („Patella Glide Test“) in Vierteln der Patellabreite (mehr als 2/4 gilt als pathologisch)
- die Beweglichkeit des betroffenen Kniegelenkes (Neutral-Null-Methode)
- Beurteilung der Atrophie des M. quadriceps femoris im Seitenvergleich (Grad I: mäßig, II: deutlich, III: stark)
- Vorhandensein einer generellen Bandlaxizität. Als Surrogatparameter diene der Abstand zwischen Daumen und Radius bei maximaler Flexion im Handgelenk in cm. Erreicht der Daumen den Radius, spricht dies für eine pathologische Bandlaxizität.

Die erfassten anamnestischen Fragen und Untersuchungsbefunde sind unten aufgeführt.

Tab. 2: Anamnese und körperliche Untersuchung

Anamnese	Luxation	Häufigkeit	
		Erstluxation	traumatisch/ habituell
		Reposition	spontan/ manuell
	Dauer der Beschwerden		
	Voroperationen		
	Vorerkrankungen		
	Rezidive	traumatisch?	
		Häufigkeit?	
		Reposition?	spontan/ manuell
	Aktivität		
	Krankengymnastik		
	Einschränkung des Gesamtgesundheitszu- standes		

Körperliche Untersuchung	Flexion/Extension	Neutral Null-Methode	
	Quadrizeps-Atrophie	Seitenvergleich, Grad I-III	mäßig/ deutlich/ stark
	Patella Glide Test	in Vierteln der Gesamtbreite der Patella	
	Anschlag bei lat. Patellatranslation	weich/hart	
	Patella-Arrest		
	Apprehensionsign		
	Patellofemoraler Krepitus		
	Kompressionsschmerz		
	Generelle Bandlaxizität	Daumen-Radius-Abstand	
		Überstreckbarkeit im Ellenbogengelenk	

2.2.4 MRT und Röntgen

Von jedem Patienten lagen präoperative MRT-Bilder und Röntgenbilder vor, auf welchen die Höhe der Patella mit dem Insall-Salvati-Index gemessen wurde. Das Vorliegen einer Patella alta kann ab einem Wert von $\geq 1,2$ diagnostiziert werden [39]. Außerdem wurde der TT-TG-Abstand in den MRT-Bildern bestimmt. Hierzu wurde eine distale Schicht auf Höhe der Tuberositas tibiae sowie eine zweite, proximale Schicht am tiefsten Punkt des Sulcus trochleae gewählt. Der TT-TG-Abstand wurde zwischen den beiden auf der Tangente an die Femurkondylen errichteten Senkrechten gemessen. Als Normalwert wurde sowohl für Männer als auch für Frauen nach einer Studie von Pandit et al. 10 ± 1 mm festgelegt [43]. Als pathologisch wird ein Wert von ≥ 15 mm gewertet. Weiterhin wurde der Insall-Salvati-Index auch auf den MRT-Bildern bestimmt und auf eine Korrelation mit den in den Röntgenbildern gemessenen Werten überprüft.

Die Auswertung der MRT- und Röntgenbilder erfolgte mit IMPAX EE R20 VII P1 (Copyright © 1997-2010 Agfa HealthCare N. V.)

2.2.5 Erfassung der intra- und postoperativen Komplikationen

Die intraoperativen Komplikationen wurden anhand der jeweiligen Operationsberichte erfasst. Postoperative Komplikationen wurden im Rahmen der festgelegten Untersuchungstermine miterfasst.

2.2.6 Statistische Methoden

Die statistische Auswertung der beiden Knie-Scores („Kujala’s Anterior Knee Pain Score“, „Validierter Fragebogen über Kniebeschwerden“ nach F. Flandry) wurde mit der Software „R“ (R 3.0.1 GUI 1.61 Snow Leopard build (6492)) vorgenommen.

Für den „Validierten Fragebogen über Kniebeschwerden“ nach F. Flandry wurden sowohl die absoluten als auch die relativen Ergebnisse ausgewertet.

Dazu wurde der Mann-Whitney-U-Test verwendet. Das Signifikanz-Niveau wurde wie folgt festgelegt:

$p < 0,05$ = schwach signifikant

$p < 0,01$ = signifikant

$p < 0,001$ = hoch signifikant

Um die Validität der einzelnen Fragebögen zu überprüfen, wurden die Ergebnisse des Untersuchungszeitpunktes „Prä-OP“ beider Scores miteinander korreliert. Hierzu wurde der Spearman’s Rank Correlation Rho-Test verwendet und ein Signifikanzniveau von 95% festgelegt.

Die graphische Darstellung der Ergebnisse („Kujala’s Anterior Knee Pain Score“, „Validierter Fragebogen über Kniebeschwerden“ nach F. Flandry) erfolgte als Boxplot.

Um die Korrelation des Insall-Salvati-Index zwischen den Werten aus MRT- und Röntgenbildern zu überprüfen wurde der „Pearson’s product-moment correlation“-Test

angewendet. Die Normalverteilung der Datensätze wurde vorher mit dem „Shapiro-Wilk“-Test getestet.

Weitere Abbildungen und Tabellen wurden mit der Software der Software „R“ (R 3.0.1 GUI 1.61 Snow Leopard build (6492)) und mit „Pages ‘09“ (Pages ’09, Version 4.3 (1048) Copyright © 2005-2012 Apple Inc.) erstellt.

3 Ergebnisse

3.1 Zusammensetzung des Patientenkollektivs

In die Studie wurden insgesamt 27 Patienten aufgenommen, an denen am Lehrstuhl für Orthopädie der Julius-Maximilians-Universität Würzburg im König-Ludwig-Haus eine MPFL-Rekonstruktion durchgeführt wurde. Davon waren 19 weiblich und acht männlich. Das durchschnittliche Alter betrug zum Zeitpunkt der Operation 19,74 Jahre (12-45 Jahre). Von den 27 aufgenommenen Patienten konnten insgesamt 24 über die gesamte Dauer der Studie verfolgt werden.

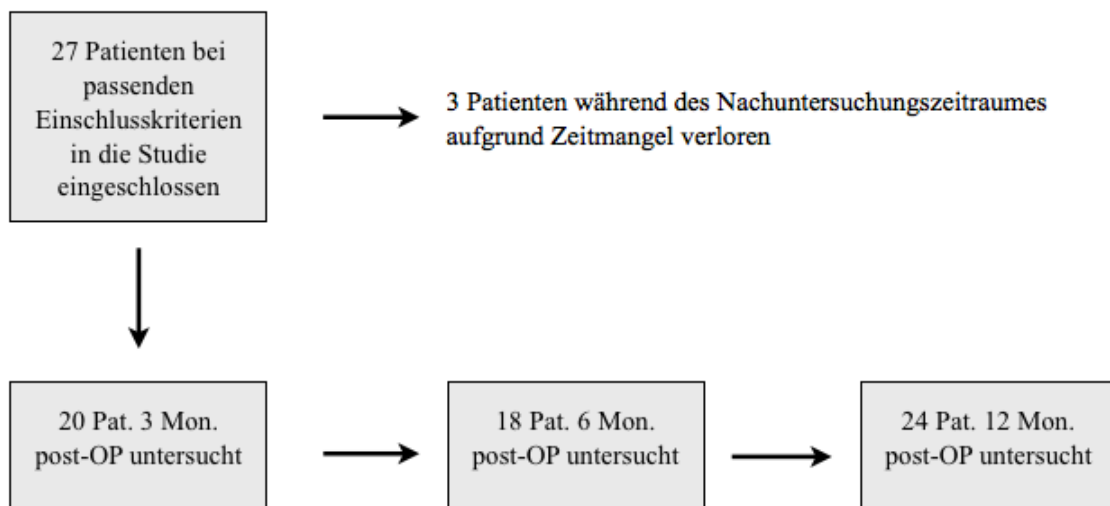


Abb. 24: Drop-Outs

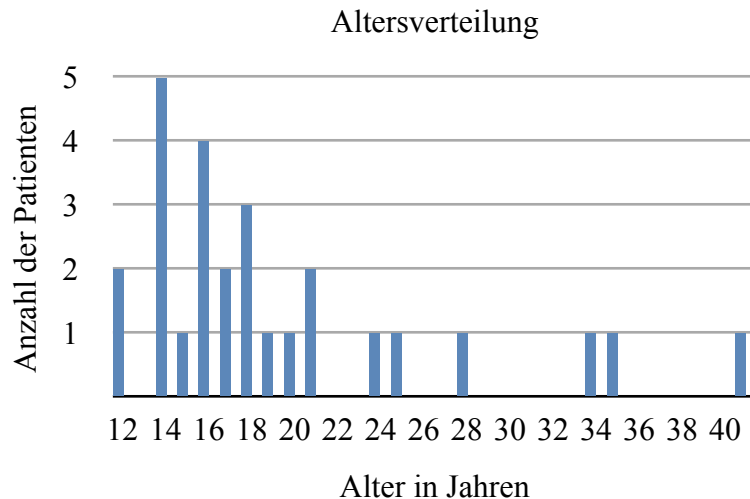


Abb. 25: Altersverteilung der in die Studie eingeschlossenen Patienten

Der mittlere Body-Mass-Index lag bei $22,44 \text{ kg/m}^2 \pm 2,49$ (Median = $22,60 \text{ kg/m}^2$; IQR = 4,25).

In zwölf Fällen war das linke und in 15 Fällen das rechte Kniegelenk betroffen. Unter den 27 Luxationen waren 21 habituell rezidivierende, 5 habituelle und 1 traumatische. Die Patienten mit den habituell rezidivierenden Luxationen hatten im Schnitt 3,5 (Median = 3,5; IQR = 6,5) Luxationsereignisse. Die präoperative Symptomatik betrug durchschnittlich 6 Jahre (Median = 6; IQR = 8). Bei den 5 habituellen Luxationen gab es jeweils nur ein Luxationsereignis ohne adäquates Trauma. Die Dauer der präoperativen Symptomatik war bei diesen Patienten 0,5 Jahre (Median = 0,5; IQR = 1,75). Die traumatische Luxation ereignete sich beim Fußballspielen. Als Risikofaktoren für ein Rezidiv lagen hier eine Patelladysplasie sowie ein Patellahochstand mit ungünstigem Einlaufverhalten der Patella vor, sodass die Indikation zur operativen Therapie gestellt wurde.

Nebenbefundlich fand sich elfmal eine Chondromalazie I. bis II. Grades, siebenmal freie Gelenkkörper und eine Patella bipartita (anlagebedingte zweigeteilte Patella, ohne pathologische Bedeutung).

Neben der offenen Rekonstruktion des MPFL mit autologer Gracilissehne wurde viermal ein freier Gelenkkörper entfernt, achtmal eine Knorpelglättung, zweimal eine Mikrofrakturierung, eine Resektion eines lateralen Patellafragmentes (bei Patella

bipartita), eine Epiphysiodese, eine matrixbasierte autologe Chondrozytentransplantation („ACT“) und eine offene mediale Kapselraffung sowie eine partielle Synovektomie durchgeführt. Alle Patienten wurden nach dem oben genannten Protokoll nachbehandelt.

3.2 Scores

3.2.1 Entwicklung der Gesamtergebnisse

Sowohl der „Kujala’s Anterior Knee Pain Score“, als auch der „Validierte Fragebogen über Kniebeschwerden nach F. Flandry“ wurden bei allen an der Studie teilnehmenden Patienten an dem präoperativen Untersuchungstermin durchgeführt. Drei Patienten gingen bis zum Ende des Untersuchungszeitraumes aufgrund Zeitmangels seitens der Patienten verloren, teilweise konnten zu den festgelegten Untersuchungszeitpunkten keine Termine gefunden werden, eine Patientin verbrachte während des Untersuchungszeitraumes ein Auslandssemester, so dass nicht alle Untersuchungstermine wahrgenommen werden konnten. Bei insgesamt 13 Patienten konnten die Fragebögen zu allen drei Nachuntersuchungsterminen erhoben werden. Bei sieben Patienten nach drei und zwölf Monaten, bei zwei Patienten nach sechs und zwölf Monaten, bei drei Patienten nach zwölf Monaten. Drei Patienten konnten nur bis sechs Monate postoperativ nachverfolgt werden. Insgesamt wurden also 24 Patienten über ein Jahr und drei Patienten über ein halbes Jahr nachverfolgt.

Tab. 3: Anzahl der befragten Patienten zu den jeweiligen Untersuchungsterminen

Termine	Flandry	Kujala
prä-OP	27	27
3 Monate post-OP	20	21
6 Monate post-OP	18	18
12 Monate post-OP	24	24

3.2.1.1 Kujala

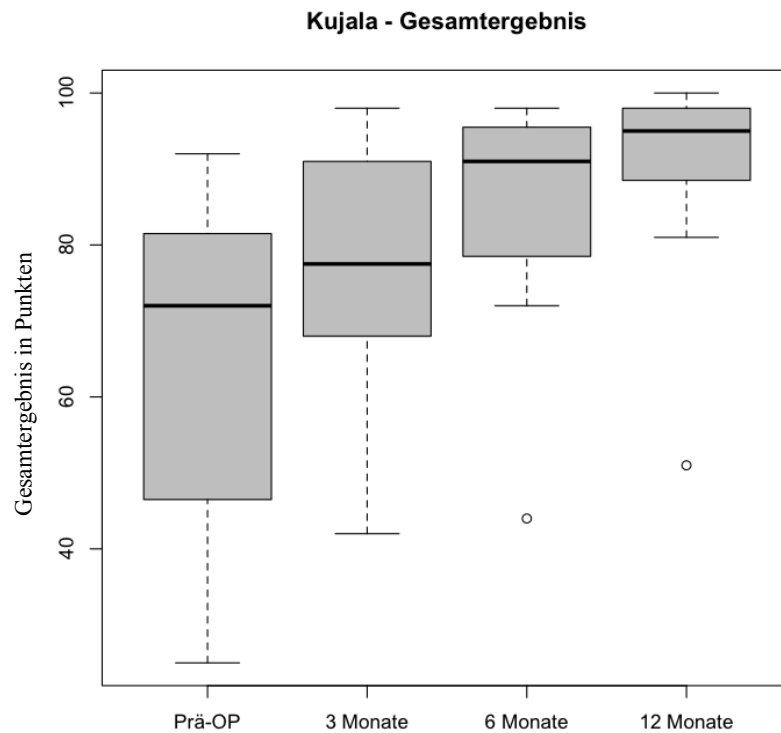


Abb. 26: Entwicklung der Gesamtergebnisse der AKPS. Boxplot präoperativ, drei, sechs, zwölf Monate postoperativ. Fette Balken: Median, graue Fläche: IQR (Box), dünne Balken: Spannweite exklusive Ausreißer. Werte, die $\pm 1,5 \times \text{IQR}$ vom Median entfernt liegen, werden als Ausreißer (○) dargestellt

Die Auswertung des „Kujala’s Anterior Knee Pain Score“ zeigt eine signifikante Verbesserung der Ergebnisse (vgl. Tabelle 4). Während sich zu dem Zeitpunkt „prä-OP“ noch eine sehr weite Streuung ergibt (IQR = 35; n = 27), nimmt sie zum Zeitpunkt „drei Monate“ (IQR = 21,5), über den Zeitpunkt „sechs Monate“ (IQR = 16), hin zum Zeitpunkt „zwölf Monate“ (IQR = 9,25; n = 24) ab.

Präoperativ lag der Wert bei 72 Punkten (Median). Nach drei Monaten stieg er auf 77,5 Punkte, nach sechs Monaten auf 91 Punkte und nach zwölf Monaten auf 95 Punkte.

Die Gesamtergebnisse zu den jeweiligen Zeitpunkten verbessern sich mit folgenden Signifikanzniveaus:

Tab. 4: p-Werte und Signifikanzniveaus des Kujala Anterior Knee Pain Score

Zeitpunkt	p-Wert	Signifikanzniveau
I zu II	0,0204	schwach signifikant
I zu III	< 0,001	hoch signifikant
I zu IV	< 0,001	hoch signifikant
II zu III	0,0127	schwach signifikant
II zu IV	< 0,001	hoch signifikant
III zu IV	0,0325	schwach signifikant

Die Tabelle zeigt drei Monate nach der MPFL-Rekonstruktion eine schwach signifikante Erhöhung im Vergleich zum Ausgangsniveau vor der Operation. Nach sechs und nach zwölf Monaten ist die Verbesserung jeweils hoch signifikant im Vergleich zum präoperativen Zeitpunkt. Zwischen den Zeitpunkten drei und sechs Monate sowie zwischen sechs und zwölf Monate postoperativ stellt sich eine schwach signifikante Verbesserung ein. Zwischen den Untersuchungszeitpunkten drei und zwölf Monaten postoperativ zeigt sich eine hoch signifikante Verbesserung (p-Werte s. Tabelle 4).

3.2.1.2 Validierter Fragebogen über Kniebeschwerden nach F. Flandry

Die Auswertung des „Validierten Fragebogen über Kniebeschwerden“ zeigt eine signifikante Verbesserung der Ergebnisse (relatives und absolutes Ergebnis).

Die Streuung der relativen und absoluten Ergebnisse nimmt zu jedem Nachuntersuchungstermin ab. Zum Zeitpunkt „Prä-OP“ liegt der IQR bei 30,5% relativ und 29,5 Punkten absolut, nach drei Monaten bei 26% und 20 Punkten, nach sechs Monaten bei 13,5% und 12,5 Punkten und nach zwölf Monaten nur noch bei 8% und 7,75 Punkten.

Präoperativ lag der Wert der relativen Ergebnisse bei 70% (Median). Nach drei Monaten stieg er auf 80,9%, nach sechs Monaten auf 88,3% und nach zwölf Monaten auf 93,2%.

Die absoluten Ergebnisse stiegen von 65,7 Punkten (Median) präoperativ auf 75,9 Punkte ($p = 0,0438$) nach drei Monaten, 84,9 Punkte ($p = 0,0004$) nach sechs Monaten und auf 89,9 Punkte ($p < 0,001$) nach zwölf Monaten.

Die relativen Ergebnisse („nicht versucht“ berücksichtigt) verbessern sich, wie auch im AKPS, nach drei Monaten schwach und nach sechs und zwölf Monaten jeweils hoch signifikant im Vergleich zum präoperativen Zeitpunkt. Zwischen drei und sechs, sowie zwischen sechs und zwölf Monaten nach der Operation bestehen keine signifikanten Verbesserungen. Zwischen drei und zwölf Monaten postoperativ lässt sich jedoch eine signifikante Verbesserung nachweisen (p-Werte s. Tabelle 5).

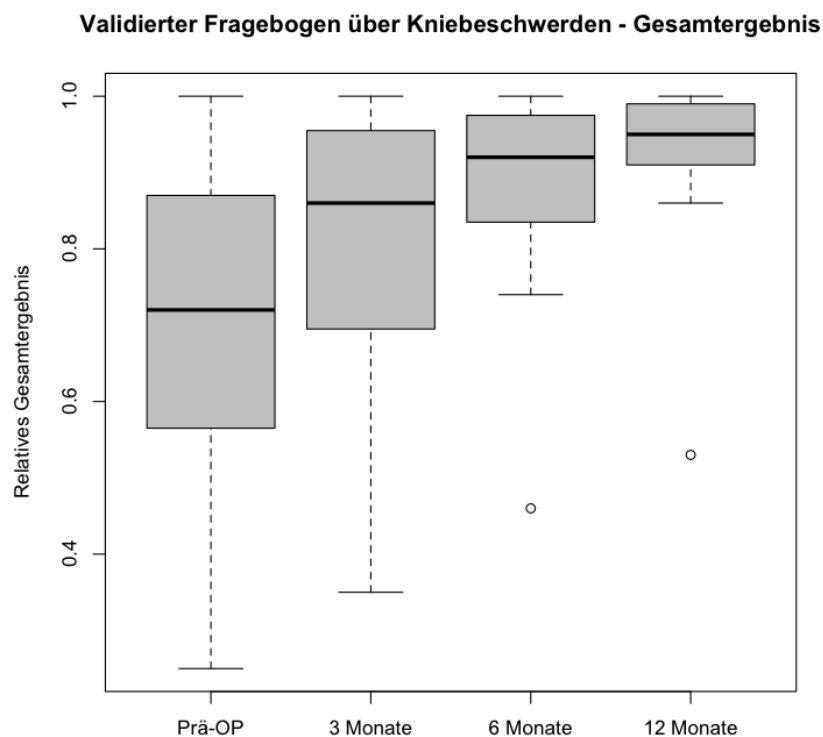


Abb. 27: Entwicklung der relativen Gesamtergebnisse des Validierten Fragebogens über Kniebeschwerden. Boxplot präoperativ, drei, sechs, zwölf Monate postoperativ. Fette Balken: Median, graue Fläche: IQR (Box), dünne Balken: Spannweite exklusive Ausreißer. Werte, die $\pm 1,5 \times$ IQR vom Median entfernt liegen, werden als Ausreißer (\circ) dargestellt

Tab. 5: p-Werte und Signifikanzniveaus des Validierten Fragebogens über Kniebeschwerden nach F. Flandry, relative Gesamtergebnisse

Zeitpunkt	p-Wert	Signifikanzniveau
I zu II	0,0328	schwach signifikant
I zu III	0,0009	hoch signifikant
I zu IV	< 0,001	hoch signifikant
II zu III	0,0757	nicht signifikant
II zu IV	0,0042	signifikant
III zu IV	0,0651	nicht signifikant

Die absoluten Ergebnisse zeigen eine hoch signifikante Verbesserung nach sechs und nach zwölf Monaten im Vergleich zum präoperativen Zeitpunkt. Nach drei Monaten ist die Verbesserung im Vergleich zum präoperativen Zeitpunkt lediglich schwach signifikant.

Die Verbesserung zwischen drei und sechs Monaten postoperativ zeigt sich nur schwach signifikant, die zwischen dem sechsten und zwölften Monat ist nicht signifikant. Zwischen dem dritten und dem zwölften Monat stellte sich jedoch eine hoch signifikante Erhöhung der Punktezahl ein (p-Werte s. Tabelle 6).

Validierter Fragebogen über Kniebeschwerden - Gesamtergebnis

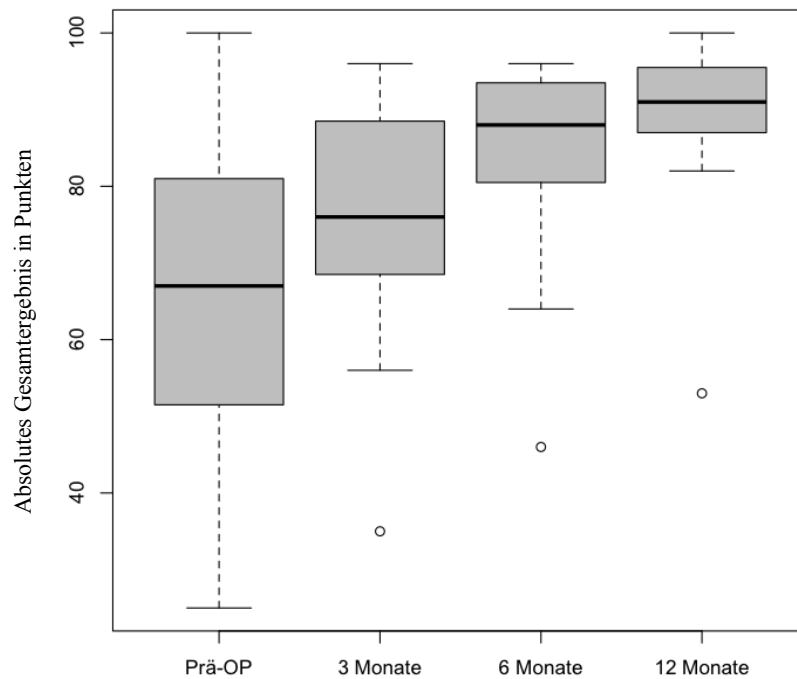


Abb. 28: Entwicklung der absoluten Gesamtergebnisse des Validierten Fragebogens über Kniebeschwerden n. Flandry. Boxplot präoperativ, drei, sechs, zwölf Monate postoperativ. Fette Balken: Median, graue Fläche: IQR (Box), dünne Balken: Spannweite exklusive Ausreißer. Werte, die $\pm 1,5 \times$ IQR vom Median entfernt liegen, werden als Ausreißer (○) dargestellt

Tab. 6: p-Werte und Signifikanzniveaus des Validierten Fragebogens über Kniebeschwerden nach F. Flandry, absolute Gesamtergebnisse

Zeitpunkt	p-Wert	Signifikanzniveau
I zu II	0,0438	schwach signifikant
I zu III	0,0004	hoch signifikant
I zu IV	< 0,001	hoch signifikant
II zu III	0,0243	schwach signifikant
II zu IV	0,0007	hoch signifikant
III zu IV	0,0715	nicht signifikant

3.2.2 Entwicklung einzelner Kategorien

Höher et al. kategorisieren die Fragen innerhalb des Flandry-Scores in fünf Gruppen [86]. Die Entwicklung dieser Kategorien und die dazugehörigen Fragen sind den folgenden Plots zu entnehmen.

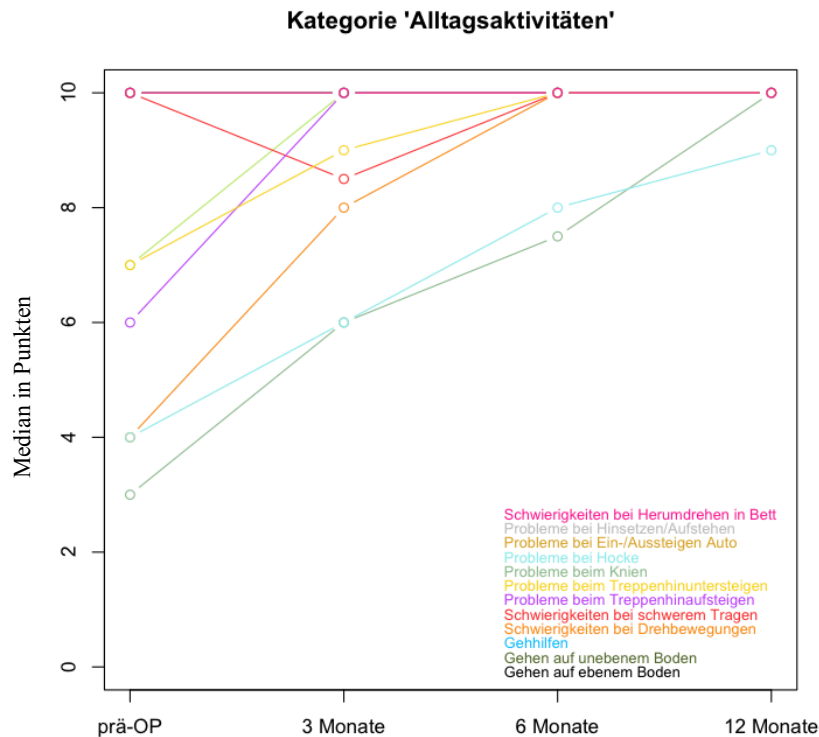


Abb. 29: Plot der Kategorie „Alltagsaktivitäten“. Einzelfragen: „Gehen auf ebenem Boden“, „Gehen auf unebenem Boden“, „Verwendung von Gehhilfen“, „Schwierigkeiten bei Drehbewegungen“, „Schwierigkeiten beim Tragen schwerer Lasten“, „Probleme beim Treppenhinaufsteigen“, „Probleme beim Treppenhinuntersteigen“, „Probleme beim Knien“, „Probleme bei Hocke“, „Probleme bei Ein-/Aussteigen Auto“, „Probleme beim Hinsetzen/Aufstehen“, „Probleme beim Herumdrehen im Bett“

Die zur Kategorie „Alltagsaktivitäten“ zusammengefassten Fragen wurden bis auf „Probleme beim in die Hocke gehen“ und „Probleme beim Knien“ nach sechs Monaten mit der höchsten Punktzahl, also mit „keine Einschränkung“ beantwortet. Nach zwölf Monaten wurde auch die Frage „Probleme beim Knien“ mit der Höchstpunktzahl beantwortet, lediglich Probleme beim in die Hocke gehen wurden weiterhin, wenn auch gebessert, angegeben.

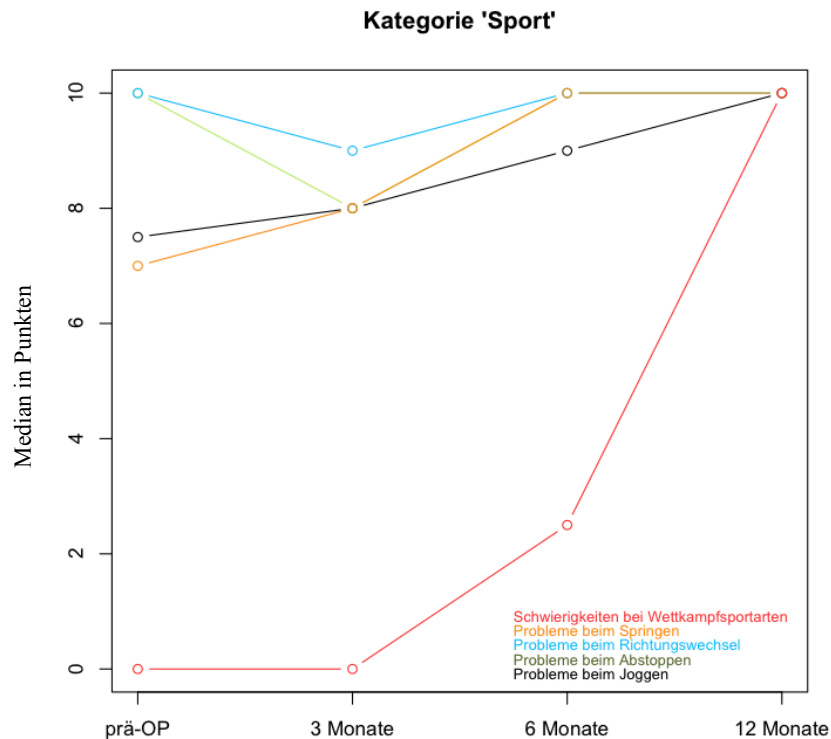


Abb. 30: Plot der Kategorie „Sport“. Einzelfragen: „Probleme beim Joggen“, „Probleme beim Abstoppen“, „Probleme beim Richtungswechsel“, „Probleme beim Springen“, „Schwierigkeiten an Wettkampfsportarten teilzunehmen“

In der Kategorie „Sport“ verbesserten sich die Ergebnisse nach sechs Monaten auf 9-10 Punkte. Die Wiederaufnahme von Wettkampfsportarten war jedoch erst nach zwölf Monaten möglich. Hier ist jedoch zu berücksichtigen, dass das Aktivitätslevel des hier untersuchten Kollektivs schon präoperativ auf der Stufe 4 („Mäßige körperliche Arbeit, Freizeitsport: Radfahren, Skilanglauf, Jogging“) der unten abgebildeten Aktivitätsskala (s. Anhang 3., S. 98) lag. Nach zwölf Monaten lag der Wert auf der Stufe 5 („Schwere körperliche Arbeit, Wettkampfsport: Radfahren, Skilanglauf; Breitensport: Joggen > 2x/Woche“).

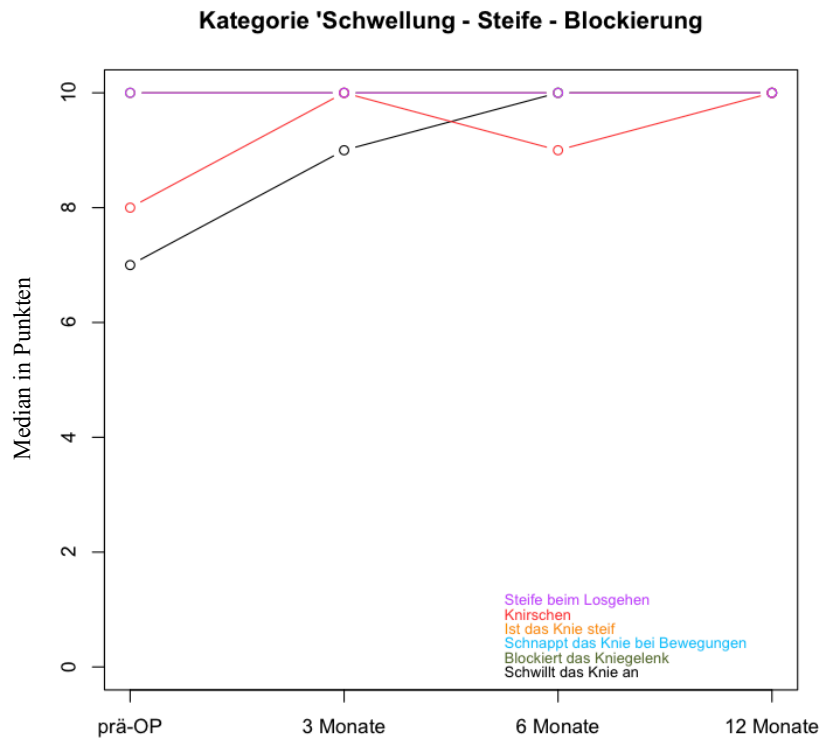


Abb. 31: Plot der Kategorie „Schwellung - Steife - Blockierung“. Die Einzelfragen „Steife beim Losgehen“, „Ist das Knie steif“, „Schnappt das Kniegelenk bei Bewegungen“ und „Blockiert das Kniegelenk“ wurden zu jedem Zeitpunkt mit 10 Punkten beantwortet und sind daher nur als eine Linie sichtbar. Weitere Fragen: „Schwillt das Knie an“, „Knirschen“

Die Kategorien Schwellung, Steife und Blockierung des Kniegelenkes wurden nach zwölf Monaten mit der höchsten Punktzahl beantwortet.

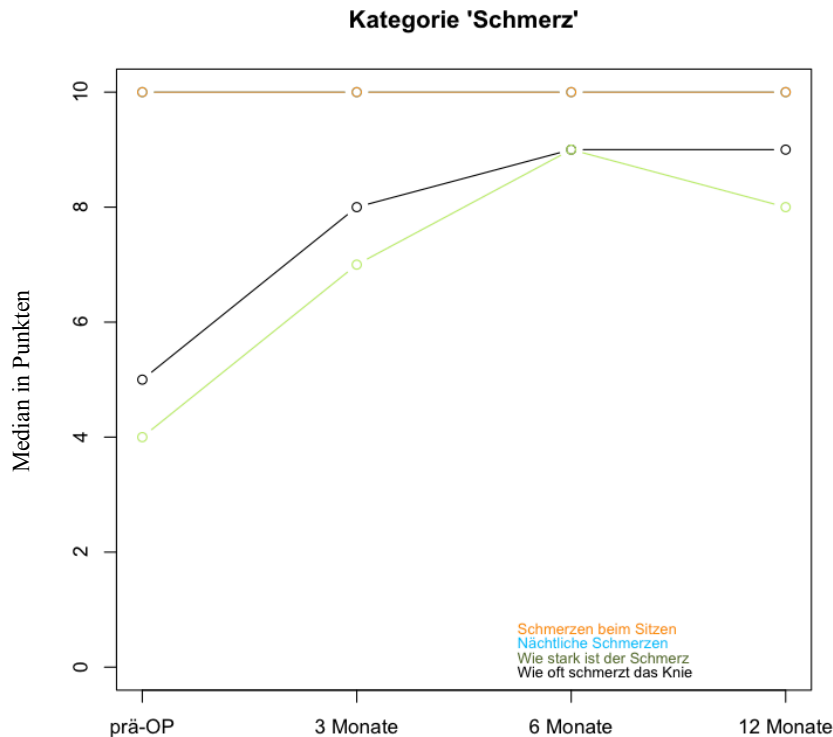


Abb. 32: Plot der Kategorie „Schmerz“. Die Einzelfragen „Nächtliche Schmerzen“ und „Schmerzen beim Sitzen“ wurden zu jedem Zeitpunkt mit 10 Punkten beantwortet und sind daher als eine Linie dargestellt. Weitere Fragen: „Wie oft schmerzt das Knie“, „Wie stark ist der Schmerz im schlimmsten Fall“

In der Kategorie Schmerzen gaben die Patienten eine Verbesserung der Häufigkeit und der Intensität der Schmerzen an. Die Häufigkeit der Schmerzen wurde nach zwölf Monaten mit 9 Punkten (Median = 9; IQR = 2) bewertet (10 Punkte = „Niemals“, 0 Punkte = „Täglich, selbst in Ruhe“), während nach sechs Monaten nur 8 Punkte angegeben wurden.

Die Intensität der Schmerzen im schlimmsten Fall wurde im Schnitt nach zwölf Monaten mit 8 Punkten (Median = 8; IQR = 4,25) angegeben (10 Punkte = „Keine Schmerzen“, 0 Punkte = „So stark, dass Schmerztabletten alle paar Stunden nötig sind“). Nach sechs Monaten wurde die Schmerzintensität mit 9 Punkten bewertet, es zeigt sich eine Zunahme der Intensität der Schmerzen im schlimmsten Fall.

Trotz der Verbesserung von 5 (Häufigkeit) bzw. 4 (Intensität) Punkten präoperativ auf 9 bzw. 8 Punkte nach zwölf Monaten sind die Patienten nach einem Jahr noch nicht gänzlich schmerzfrei, die Schmerzintensität im schlimmsten Fall nimmt sogar leicht zu.

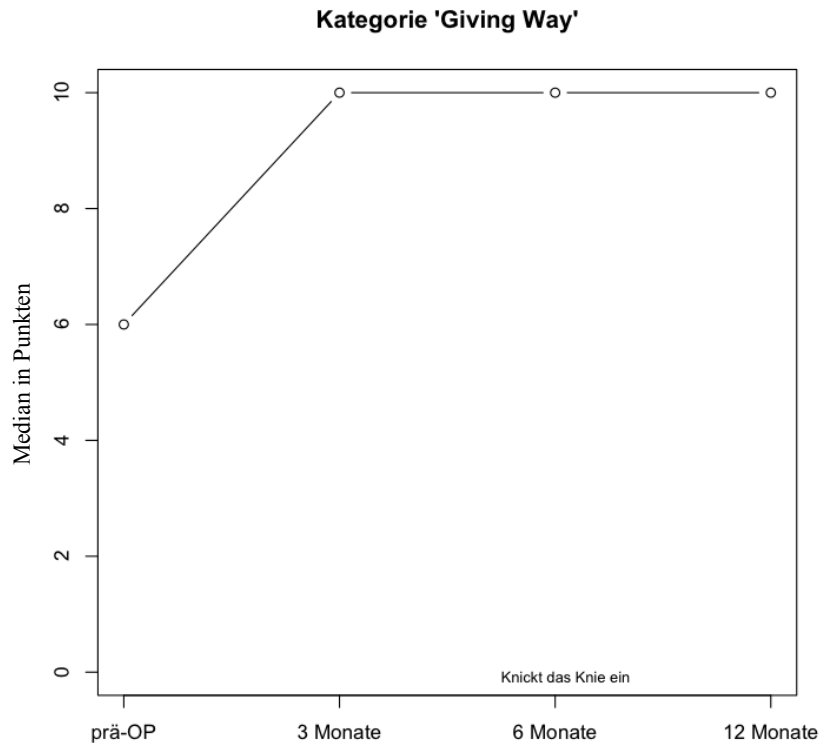


Abb. 33: Plot der Kategorie „Giving Way“. Frage: „Knickt das Knie ein oder gibt es nach“

Die subjektive Stabilität des betroffenen Kniegelenkes wurde durch die Operation signifikant verbessert. So wurde die Frage nach dem Einknicken des betroffenen Kniegelenkes schon nach drei Monaten durchschnittlich mit 10 Punkten (Median = 10; IQR = 2) bewertet (10 Punkte = „niemals“, 0 Punkte = „Ich muss mich in acht nehmen, um ein Einknicken bei alltäglichen Bewegungen zu vermeiden“). Präoperativ wurden für diese Frage durchschnittlich 6 Punkte (Median = 6; IQR = 6.5) angegeben.

3.2.3 Einschränkung des Gesamtgesundheitszustandes und Aktivitätslevel

Die Auswertung der Fragen nach einer Einschränkung des Gesamtgesundheitszustandes bzw. zum Aktivitätslevel der Patienten ergab folgenden Verlauf.

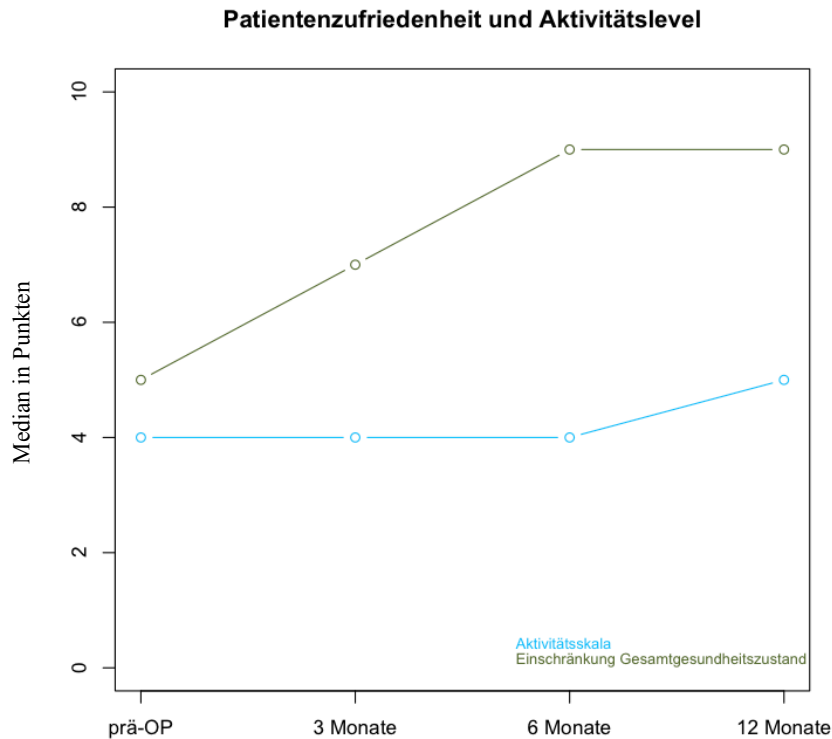


Abb. 34: Plot der Kategorien „Aktivitätsskala nach Tegner“, „Einschränkung des Gesamtgesundheitszustands“

Der Aktivitäts-Score nach Tegner [131] bietet die Auswahlmöglichkeiten von Level 0 („Arbeitsunfähigkeit aufgrund von Knieproblemen, Gehhilfen“) bis Level 10 („Wettkampfsport; Fußballbundesliga, Oberliga“).

Vor der MPFL-Rekonstruktion lag die Aktivität der Patienten auf dem Level 4 nach Tegner („mäßige körperliche Arbeit, Freizeitsport: Radfahren, Skilanglauf und Jogging“). Erst zwölf Monate postoperativ stieg das Aktivitätslevel auf Level 5 („Schwere körperliche Arbeit, Wettkampfsport: Radfahren, Skilanglauf; Breitensport: Joggen (>2x/Woche)).

Die Einschätzung der Einschränkung des Gesamtgesundheitszustandes zwischen „Bester vorstellbarer Gesundheitszustand“ und „Schlechtester vorstellbarer Gesundheitszustand“ entwickelte sich schneller: präoperativ gaben die Patienten auf diese Antwort im Schnitt fünf Punkte (Median = 5; IQR= 2,5), 7 Punkte nach drei Monaten (Median = 7; IQR= 2), 9 Punkte nach sechs Monaten (Median = 9; IQR = 2,25) und nach zwölf Monaten (Median = 9, IQR = 2).

3.3 Befunde bei körperlichen Untersuchungen

3.3.1 Daumen-Radius-Abstand

Bei der körperlichen Untersuchung zum präoperativen Termin wurde der Daumen-Radius-Abstand gemessen, um eine generelle Bandlaxizität festzustellen. Bei 18 Patienten betrug der Abstand 0 cm, bei jeweils einem Patienten 1 cm, 2 cm und 5 cm, bei zwei Patienten 3 cm und bei drei Patienten 4 cm.

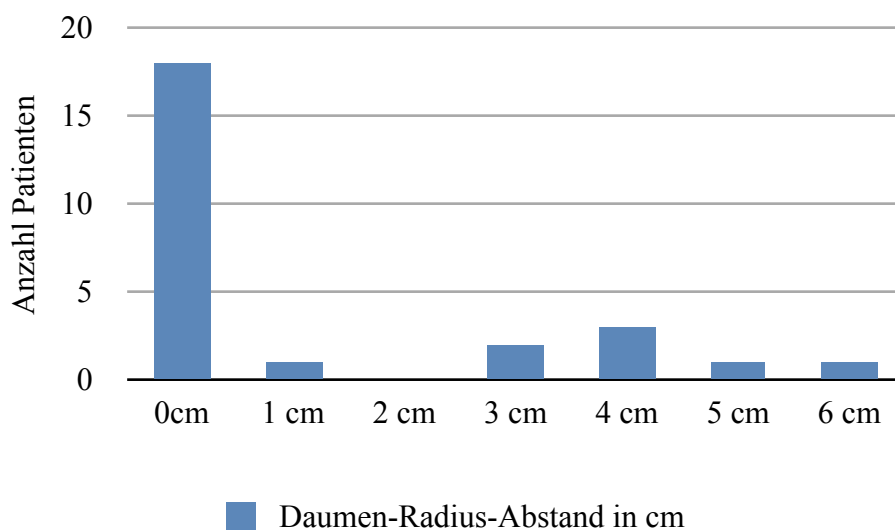


Abb. 35: Abstand Daumen-Radius in cm bei den untersuchten Patienten

3.3.2 Relaxationen

Bis auf einen Fall traten keine Relaxationen über den Zeitraum der Nachuntersuchungen auf. Die Relaxation ereignete sich nach einem Anpralltrauma, als der Patient mit seinem Hund zusammenstieß. Daraufhin hatte der Patient häufig Rezidive bei Bagatellbewegungen.

3.3.3 Laterale Verschieblichkeit

Weiterhin wurde bei jeder Untersuchung die laterale Verschieblichkeit der Patella untersucht („Patella Glide Test“). Zum präoperativen Zeitpunkt lies sich die Patella bei den Patienten im Schnitt zwischen $\frac{2}{4}$ und $\frac{3}{4}$ (Median = 0,625) ihrer Breite lateralisieren, zwölf Monate postoperativ im Schnitt nur noch um $\frac{1}{4}$ (Median = 0,25).

Bei einem Patienten wurde zwölf Monate postoperativ eine Verschieblichkeit von 4/4 dokumentiert, hier handelt es sich um die oben genannte Relaxation (3.3.2., S. 57).

Tab. 7: „Patella Glide Test“ - Laterale Verschieblichkeit der Patella in Vierteln ihrer Breite bei der präoperativen Untersuchung und der Nachkontrolle nach einem Jahr

Verschieblichkeit	prä-OP	12 Monate
1/4	3	24
2/4	10	1
3/4	8	-
4/4	5	1

3.3.4 Bewegungsausmaß

Die Beweglichkeit war bei 26 der 27 Patienten zwölf Monate postoperativ frei (Ex/Flex 10°-0°/0°/130°-160°). Bei einer Patientin verblieb ein Flexionsdefizit (Ex/Flex 0°/0°/110°). Die Extension war bei allen Patienten bis mindestens 0° möglich. Das Bewegungsausmaß steigerte sich im Schnitt zwischen den Zeitpunkten „präoperativ“ und „zwölf Monate“ um 12,5° (135° auf 147,5°).

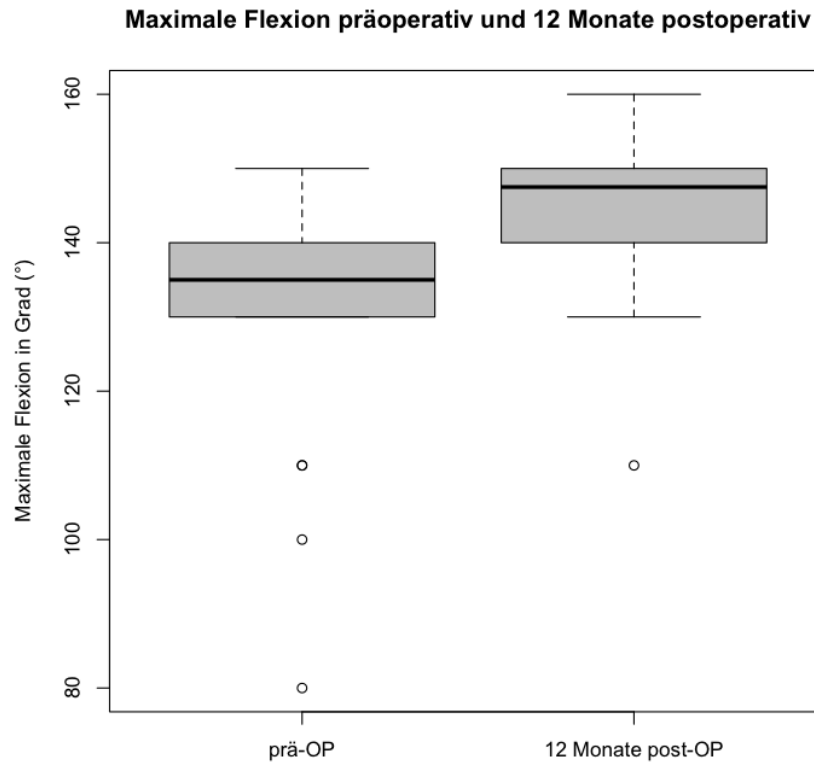


Abb. 36: Der Boxplot zeigt die maximale Flexion in Grad (°) des betroffenen Kniegelenkes präoperativ und zwölf Monate postoperativ. Fette Balken: Median, graue Fläche: IQR (Box), dünne Balken: Spannweite exklusive Ausreißer. Werte, die $\pm 1,5 \times$ IQR vom Median entfernt liegen, werden als Ausreißer (○) dargestellt

3.3.5 Quadrizepsatrophie

Nach zwölf Monaten bestand trotz Nachbehandlung nach Protokoll inklusive Krankengymnastik bei einigen Patienten immer noch eine Quadrizepsatrophie, die bei acht Patienten als mäßig (Grad I), bei drei Patienten als deutlich (Grad II) und bei drei Patienten als stark (Grad III) einzustufen war. Bei 14 Patienten war keine Atrophie des M. quadriceps im Vergleich zur Gegenseite mehr zu erkennen.

3.4 Befunde in MRT und Röntgen

Auf den Röntgenbildern und MRT-Aufnahmen wurden der Insall-Salvati-Index und der TT-TG-Abstand bestimmt. Bei 18 der 27 untersuchten Patienten war der Insall-Salvati-

Index größer als 1,2 (Median = 1,3; IQR = 0,335). Somit liegt bei 66,7% des Patientenkollektivs eine Patella alta vor.

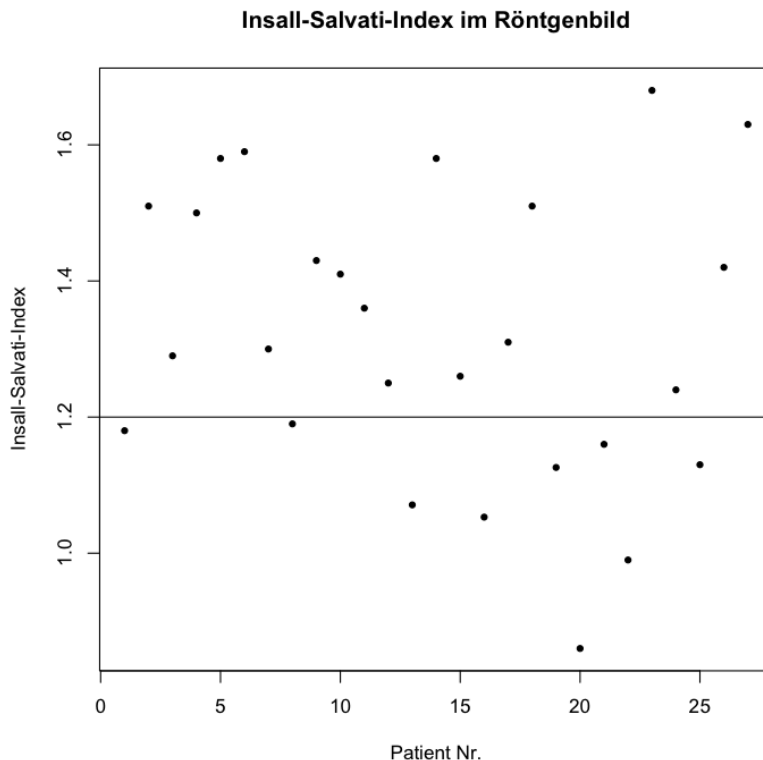


Abb. 37: Insall-Salvati-Index im streng seitlichen Röntgenbild. Werte oberhalb der horizontalen Linie kennzeichnen eine Patella alta

Auch in den MRT-Bildern wurde der Insall-Salvati-Index bestimmt. Dazu wurde die Schicht in der sagittalen Aufnahme des Kniegelenkes verwendet, in der die Patella den längsten Durchmesser zeigte. Die Auswertung der Ergebnisse erfolgte auf oben beschriebene Art und Weise. Nachdem der Shapiro-Wilk-Test zeigte, dass beiden Datensätzen eine Normalverteilung zugrunde liegt, ergab der Pearson's product correlation-Test eine Korrelation von $\rho = 0,649$. Diese Korrelation ist mit einem p-Wert von $p = 0,009$ signifikant.

Außerdem wurde in den MRT-Aufnahmen der TT-TG-Abstand gemessen. Dieser gilt ab ≥ 15 mm als pathologisch.

Bei den hier untersuchten Patienten konnte nur bei 3 von 15 (20%) ein erhöhter TT-TG-Abstand festgestellt werden. Der durchschnittliche TT-TG-Abstand lag bei $10,4 \pm 4,21$ (Median = 10,4; IQR = 5,65).

3.5 Intra- und postoperative Komplikationen

Intraoperative Komplikationen konnten anhand der jeweiligen Operationsberichte nicht festgestellt werden.

Bei einem Patienten wurde nach einem Anpralltrauma eine Reluxation berichtet (s. 3.3.2). Die Reluxation ereignete sich zwei Monate nach dem MPFL-Ersatz. Sieben Monate nach dem Primäreingriff wurde ein Revisionseingriff (laterales Release und mediale Kapselplastik) durchgeführt. Hierbei zeigte sich die patellare Insertion intakt, jedoch eine nicht-anatomische Rekonstruktion an der femoralen Insertion. Nach dem Revisionseingriff entwickelte sich ein Wundinfekt bei infiziertem Hämatom, der jedoch konservativ unter Antibiotika-Therapie kontrolliert werden konnte. Im weiteren Verlauf wurde von operativen Maßnahmen abgesehen, der Patient wurde mit Patella stabilisierenden Bandagen behandelt. Eine Verlagerung der Tuberositas tibiae wurde perspektivisch nach Abschluss des Wachstums diskutiert.

Bei einer Patientin wurden postoperativ persistierende Hypästhesien im Bereich des medialen distalen Oberschenkels und des proximalen lateralen Unterschenkels der operierten Seite erfasst, die auf den intraoperativen Femoralis-Block zurückgeführt wurden.

Weitere Komplikationen wurden nicht gefunden.

4 Diskussion

4.1 Diskussion der Operationsmethode

Die Patellaluxation ist eine häufige Verletzung junger, sportlicher Patienten [25, 26]. Sie führt in vielen Fällen sowohl nach konservativer als auch nach operativer Therapie zu anhaltenden Schmerzen (15%) und andauernder Instabilität bzw. Rezidiven (4-70%) [9, 48]. Dies führt bei vielen Patienten zu langfristigen Funktionseinschränkungen sowohl im Alltag als auch bei sportlicher Betätigung. Die Therapie muss unter Berücksichtigung der individuellen Prädispositionsfaktoren erfolgen [60].

Wie oben erwähnt, wurden bereits über 100 Methoden zur operativen Behandlung der Patellaluxation veröffentlicht [5]. Sallay et al. haben in einer Untersuchung bei 94% ihrer Patienten eine Ruptur des Ligamentum patellofemorale mediale (MPFL) festgestellt [91]. Laut Amis et al. ist eine Luxation der Patella nicht möglich ohne eine Verletzung bzw. konstitutionelle Schwäche des MPFL [6]. Daher stellt die anatomische Rekonstruktion des MPFL einen vielversprechenden Ansatz dar.

Das Prinzip der „Rekonstruktion des MPFL mit einem autologen Sehnentransplantat hat in den letzten Jahren große Aufmerksamkeit erfahren“ [92], jedoch wurden auch dafür viele verschiedene Verfahren beschrieben, die sich insbesondere bei der Wahl des Transplantates und bezüglich der patellaren Insertion unterscheiden.

Neben der autologen Gracilissehne wurden als Transplantat beispielsweise die autologe Semitendinosussehne [93], ein künstliches Polyestertransplantat [94] oder die Quadrizepssehne [95] vorgeschlagen.

Ziel der Refixation sollte eine hohe Primärstabilität sein, so dass die aktive Rehabilitation möglichst zügig begonnen und die Rate von Reluxationen gering gehalten werden kann.

Mögliche Methoden zur patellaren Fixation sind die Verwendung von Interferenzschrauben, Fadenankern und verschiedene Tunneltechniken [78, 92]. Diese Techniken bringen verschiedene Risiken mit sich. Durch die Tunneltechnik wird die Knochensubstanz der Patella kompromittiert und destabilisiert. Mehrere Autoren berichten von Patellafrakturen nach MPFL-Rekonstruktion [96-99]. Jedoch nicht nur

die Schwächung der ossären Struktur begünstigt Frakturen, Muthukumar et al. berichten von einer atraumatischen Patellafraktur nach einem Weichteileingriff (mediale Raffung und laterales Release). Sie führen die Fraktur auf eine aseptische Nekrose aufgrund einer Gefäßverletzung während des Eingriffs zurück [100]. Häufiger sind jedoch die traumatischen Frakturen, begünstigt durch die Schwächung der Knochenstruktur der Patella durch Bohrkanäle.

Ein weiteres Risiko bei der Einbringung von Fremdmaterial wie Schrauben und Anker ist die Verletzung des retropatellaren Knorpels. Sind die Implantate nicht streng tangential eingebracht und perforieren die Patellarückfläche, können sie den „Gelenkknorpel signifikant schädigen“ [1]. Dies kann eine retropatellare Arthrose bedingen und zu dauerhaften schmerzhaften Funktionseinschränkungen des Kniegelenkes führen.

Die hier beschriebene Methode kommt an der patellaren Insertion ohne Bohrungen oder Schrauben aus. Das Gracilissehnen-Transplantat wird in die kräftige patellanahe Kniegelenkscapsel u-förmig eingeflochten und dann mit resorbierbarem Nahtmaterial (Vicryl Stärke 0) ohne Einbringung weiteren Fremdmaterials fixiert.

Dies hat den Vorteil, dass oben genannte Risiken bezüglich der Schwächung der Patella weitgehend vermieden werden. Dadurch wird die Wahrscheinlichkeit für Komplikationen wie die Patellafraktur oder frühzeitige retropatellare Arthrose durch penetrierendes Fremdmaterial minimiert.

Die hier beschriebene Methode ermöglicht eine anatomische Rekonstruktion des Ligamentum patellofemorale mediale. Die Insertion des MPFL befindet sich laut Nomura et al. an den oberen zwei Dritteln des medialen Patellarandes [19]. Amis et al. geben etwa die obere Hälfte des medialen Patellarandes als Insertion an [6]. Das MPFL wird zur Patella hin breiter und setzt etwa 2 cm breit an der Patella an, die femorale Insertion ist jedoch schmaler [6, 19, 49]. Bei der hier beschriebenen Technik wird das Transplantat an zwei Punkten an der Patellakapsel fixiert und erfasst die Patella so nicht nur an einem Punkt, sondern anatomisch entlang des proximalen medialen Randes.

So wird eine höhere Stabilität gegen Rotationsbewegungen der Patella erreicht [16, 77] als dies bei Techniken mit nur einem Fixationspunkt [82, 101-103] möglich ist.

Über die Wichtigkeit der femoralen anatomischen Fixation (siehe 1.2.1.2. Funktionelle Anatomie des Patellahalteapparates) herrscht in der aktuellen Literatur weitgehend Einigkeit [6, 19, 49, 77]. Das MPFL besitzt weder an der Patella noch am Femur einen isometrischen Punkt [6, 104], so dass durch nicht anatomische Rekonstruktionen unphysiologische Belastungen des patellofemorales Gelenkes auftreten [1, 105, 106].

Laut Nomura et al. verändert sich die Kinematik bereits bei einer Verschiebung der femoralen Insertion um 5 mm signifikant [14]. Sowohl Amis et al. als auch Steensen et al. bestätigen diese Beobachtung [6, 105].

Die anatomische Rekonstruktion wird in der hier beschriebenen Technik durch die intraoperative Verwendung eines Bildwandlers beim Aufsuchen der femoralen Insertion kontrolliert.

Auch unter medizin-ökonomischen Gesichtspunkten bietet die hier beschriebene Technik durch die Kostenreduktion, die durch den Verzicht auf teure Fadenankersysteme entsteht, einen Vorteil gegenüber anderen Techniken.

Da als Transplantat eine autologe Sehne verwendet wird, muss der Funktionsverlust eines Muskels, hier des *M. gracilis*, in Kauf genommen werden. Dies hat eventuell eine Kraftminderung bei der aktiven Beugung und der Innenrotation zur Folge. Burks et al. untersuchten den Querschnitt des *M. gracilis* ein Jahr nach Augmentation der Sehne und fanden eine signifikante Verkleinerung [107]. Laut Segawa et al. wird die Innenrotationskraft im Kniegelenk vor allem bei Frauen durch den Verlust der Gracilissehne beeinflusst. Segawa verglich Patienten nach Augmentation der Semitendinosussehne und Augmentation der Semitendinosus- und Gracilissehne bei Rupturen des vorderen Kreuzbandes. Postoperativ wurde die maximale Innenrotationskraft gemessen, es zeigte sich eine signifikante Kraftminderung in der Gruppe mit Semitendinosus- und Gracilissehnen-Augmentation von circa 2 Nm/kg

($36,6 \pm 7,6$ Nm/kg und $38,1 \pm 8,4$ Nm/kg) im Vergleich zu der Gruppe ohne Gracilissehnen-Augmentation [108].

Die Verwendung der Gracilissehne hat also eine messbare Kraftminderung zur Folge, gleiches gilt aber auch für die Verwendung der Semitendinosusehne [107, 108]. Die Kraftminderung führt jedoch nicht zu klinischen Symptomen und beeinflusst das subjektive Befinden des Patienten nur wenig [108].

Weiterhin ist als mögliche Komplikation die Irritation des Ramus infrapatellaris des N. saphenus durch Hakenzug zu nennen. Dies kann zeitweise zu infrapatellaren Dysästhesien führen. Auch am Epicondylus medialis kann durch die femorale Fixation des Transplantates eine Irritation entstehen. Diese Irritationen treten jedoch auch unabhängig von der patellaren Fixation bei anderen Techniken mit freien Transplantaten auf.

Möglicherweise besteht durch die hier beschriebene Weichteilfixation eine geringere initiale Belastungsstabilität. Während für die ossäre Fixation gute Ergebnisse berichtet wurden, sind für diese Weichteilfixation noch keine biomechanischen Untersuchungen der Primärstabilität durchgeführt worden. Mounthey et al. geben die Ausreißfestigkeit des nativen MPFL mit 208 N an [109]. Lenschow et al. testeten verschiedene ossäre Fixationstechniken und ermittelten höhere Werte für die Ausreißfestigkeit als beim nativen MPFL [78]. Auch Schöttle et al. ziehen die ossäre Fixation vor, da sie eine höhere Ausreißfestigkeit als bei verschiedenen Weichteilfixationen vermuten [77].

Objektive Werte müssen durch weitere biomechanische Untersuchungen ermittelt werden.

Das hier durchgeführte Verfahren ist noch nicht ausreichend biomechanisch evaluiert. Dementsprechend sind noch keine Informationen zu Stabilität und Anpressdruck vorhanden. Weiterhin liegen noch keine Langzeitergebnisse vor.

4.2 Diskussion von Material und Methoden

Ziel dieser Studie war es, die postoperative Entwicklung von Funktion, Stabilität und Schmerzen, sowie der subjektiven Beurteilung einer möglichen Einschränkung des Gesamtgesundheitszustandes der Patienten nach MPFL-Rekonstruktion mit autologer Gracilissehne bei Patellaluxation zu untersuchen.

Dazu wurde der Verlauf bei einem Kollektiv von 27 Patienten prospektiv anhand zweier validierter Fragebögen (*Scores*) sowie vorher festgesetzter klinischer Untersuchungsparameter beobachtet. Weiterhin wurden präoperative Röntgen- und MRT-Befunde erhoben.

Der Nachuntersuchungszeitraum betrug zwölf Monate. 24 Patienten konnten über den gesamten Zeitraum, 3 Patienten (11,1%) nur über sechs Monate verfolgt werden.

Von den 27 Patienten waren 19 weiblich und 8 männlich (70,4% / 29,6%). Das durchschnittliche Alter lag bei 19,74 Jahren (12-45 Jahre).

Unter den 27 Patienten wurden 21 habituell rezidivierende und 5 habituelle Patellaluxationen sowie eine traumatische Patellaluxation diagnostiziert. Die Diagnose wurde präoperativ sowohl klinisch als auch durch Röntgen- und MRT-Untersuchungen gesichert.

Bei allen Patienten wurde eine MPFL-Rekonstruktion mit autologer Gracilissehne und eine Nachbehandlung nach oben genannten Schema durchgeführt.

Bei den Nachuntersuchungen lag der Schwerpunkt auf Funktion, Stabilität und Schmerzen der Patienten. Die angewendeten Fragebögen (Kujala Anterior Knee Pain Score, Validierter Fragebogen nach Flandry) ermöglichen eine valide, subjektive und patientenorientierte Bewertung der Patienten. Die klinischen Untersuchungen wurden von einem unabhängigen Untersucher durchgeführt.

Smith et al. veröffentlichten 2007 eine Literatur-Recherche mit acht eingeschlossenen Studien zur MPFL-Rekonstruktion und deren Ergebnis. Untersucht wurden acht Studien, bei denen im Durchschnitt 23,25 (12-46) Knie eingeschlossen wurden. Die Patienten wurden nach einem Zeitraum von 5,2 Jahren (1,9-9,5) nachuntersucht, das durchschnittliche Alter betrug 23,96 Jahre (19,2-30,1) [110].

Fisher et al. führten 2010 eine erweiterte systematische Literatur-Recherche mit gleicher Zielsetzung durch. Durchschnittlich wurden in den 21 eingeschlossenen Studien 24,8 (\pm 10,5) Knie untersucht, der Nachuntersuchungszeitraum war 4,7 Jahre (\pm 2,8), das mittlere Alter der Patienten betrug 23,4 Jahre (6-52 Jahre) [111].

In der Studie von Fisher et al. waren 11 der 21 untersuchten Studien prospektiv und 10 retrospektiv angelegt [111].

Diese Studie liegt also bei der Anzahl der Patienten mit 27 Knien über dem Durchschnitt der oben genannten. Der Nachuntersuchungszeitraum ist allerdings mit zwölf Monaten kurz, das mittlere Alter der eingeschlossenen Patienten zum Operationszeitpunkt betrug 19,74 Jahre (12-45 Jahre). Damit waren die Patienten jünger als in den zitierten Studien. Auch diese Studie wurde als prospektive Verlaufsbeobachtung durchgeführt, es war jedoch keine Kontrollgruppe vorhanden.

Die Aussagekraft dieser Studie wird also durch einige Kritikpunkte eingeschränkt:

- kleines Patientenkollektiv (n = 27)
- kurze Nachuntersuchungsdauer (zwölf Monate)
- keine Kontrollgruppe

Aus den Ergebnissen lässt sich keine allgemeine, abschließende Therapieempfehlung ableiten. Die Dauer der Nachuntersuchungen reicht nicht aus, um verlässliche Aussagen über Relaxationsrate, Wiederaufnahme von sportlicher Betätigung, oder Arthroseraten zu treffen. Dennoch zeigt sich, wie sich die subjektive Beurteilung der Einschränkung des Gesamtgesundheitszustandes durch das operierte Knie und vor allem die Wiedererlangung der Funktionalität innerhalb des ersten postoperativen Jahres nach der Therapie mit dieser neuen Methode entwickelt.

4.3 Diskussion der Ergebnisse

Fragebögen

Das Ergebnis des *Kujala Anterior Knee Pain Score* lag präoperativ bei 72 Punkten (IQR = 35), nach drei Monaten bei 77,5 Punkten (IQR = 21,5), nach sechs Monaten bei 91 Punkten (IQR = 16) und nach zwölf Monaten bei 95 Punkten (IQR = 9,25). Damit ergibt sich bereits nach sechs Monaten eine hoch signifikante Steigerung ($p < 0,001$).

Wie Crossley et al. in ihrer Studie von 2004 fordern, muss das Gesamtergebnis des AKPS um 10 Punkte steigen, um einen relevanten klinischen Unterschied verlässlich wiederzugeben [88]. In dieser Studie lag der Median präoperativ mit 72 Punkten im gleichen Bereich wie bei Crossley et al. (ca. 70 Punkte). Die von Crossley geforderte Verbesserung von mindestens 8-10 Punkten ist bei der Nachuntersuchung nach sechs Monaten erreicht, der AKPS zeigt zu diesem Zeitpunkt valide eine klinische Besserung der Symptomatik der Patienten.

Von den 21 Studien, die bei Fisher et al. in die Untersuchung eingeschlossen sind, verwenden 12 den Kujala-Score zur Erfassung der postoperativen Resultate im Vergleich zum präoperativen Status. Im Schnitt ergibt sich eine Verbesserung von $49,7 \pm 9,7$ Punkten auf $90,8 \pm 3,7$ Punkte [52, 82, 93, 95, 98, 99, 101, 102, 111-115].

Der präoperative Wert des in dieser Studie untersuchten Kollektivs ist im Vergleich mit 72 Punkten (IQR = 35) höher als bei den oben genannten Studien ($49,7 \pm 9,7$). Der Wert zum letzten Untersuchungszeitpunkt nach zwölf Monaten ist mit 95 Punkten (IQR = 9,25) im Bereich der Werte aus den Vergleichsstudien.

Die Entwicklung des Ergebnisses des Kujala Anterior Knee Pain Scores zeigt also zum einen valide eine klinische Verbesserung und ist zum anderen quantitativ mit der anderer Studien vergleichbar. Der Wert zum letzten Untersuchungszeitpunkt liegt sogar 4,2 Punkte über dem Durchschnitt der 12 hier berücksichtigten Studien.

Tab. 8: Übersicht über die Ergebnisse des „Kujala Anterior Knee Pain Score“ nach MPFL-Ersatz

* Verwendung verschiedener Operationstechniken, daher mehrere Werte. Aus [111]

Autor	Anzahl der Patienten	Follow up in Monaten	präoperativ	postoperativ
Ahmad et al. (2009)	21	31	49,9	88,2
Christiansen et al. (2008)	44	22	46 (12-67)	84 (62-100)
Deie et al. (2005)	46	114	45	90
Dopirak et al. (2008)	14	42		91,9 (77-100)
Drez et al.* (2001)	6 5 3 1	31,5		90,7 (77-100) 81 (57-100) 93,3 (82-100) 100
Mikashima et al. (2006)	24	41	30,5 ± 6,7	95,2 ± 12,9
Nomura, Inoue (2006)	12	50,5	56,3 ± 15,6	96 ± 5,2
Nomura et al. (2007)	27	143	63,2 ± 12,7	94,2 ± 7
Schöttle et al. (2005)	15	47,5	53,5 (31-76)	85,7 (85-100)
Sillanpää (2008)	18	121		88,0 (57-100)
Steiner et al.* (2006)	23 6 5	66,5	53,3 ± 10,2 53,3 ± 10,2 53,3 ± 10,2	89,3 ± 10,4 94,5 ± 4,3 92,8 ± 6
Thaunat et al. (2007)	23	27,5		93 ± 6
Eigenes Ergebnis	27	12	72 ± 21,8	95 ± 10,2

Sowohl das absolute als auch das relative Gesamtergebnis des validierten Fragebogens über Kniebeschwerden nach F. Flandry zeigt über den Nachuntersuchungszeitraum eine Verbesserung mit hoch signifikanten Steigerungen nach sechs Monaten.

Die absoluten Ergebnisse verbesserten sich von präoperativ 65,7 Punkten (IQR = 29,5) auf 89,9 Punkte (IQR = 7,75) nach zwölf Monaten. Die relativen Ergebnisse, also unter Berücksichtigung der mit „Nicht versucht“ beantworteten Fragen, steigerten sich von 70% (IQR = 30,5%) präoperativ auf 93,2% (IQR = 8%) nach zwölf Monaten.

Wie oben erwähnt stellten J. Höher et al. 9 der 28 Fragen heraus, die als wichtig oder sehr wichtig eingestuft wurden [86]. Bei 7 dieser 9 Fragen (siehe 2.2.2.2, S. 35) lag der Median nach zwölf Monaten bei 10 Punkten. Bei den anderen zwei („Probleme beim in die Hocke gehen“ und „Wie oft schmerzt Ihr Knie“) lag der Median nach zwölf Monaten bei 9 Punkten (IQR = 3,25 / 2). Als wichtigste Frage bewerteten Höher et al. die Frage nach der postoperativen Schwellung des Kniegelenkes. Diese Frage wurde bereits nach sechs Monaten mit durchschnittlich 10 Punkten beantwortet (Median = 10; IQR = 1,25). Präoperativ gaben die Patienten einen Wert von 7 Punkten an (Median = 7; IQR = 7,5). Die Verbesserung nach zwölf Monaten ist hoch signifikant ($p < 0,001$).

MRT und Röntgen

In den MRT-Bildern wurde der TT-TG Index bestimmt, der Insall-Salvati-Index wurde sowohl in den MRT- als auch in den Röntgenbildern bestimmt.

Die Messung des Insall-Salvati-Index in den Röntgenbildern ergab bei 66,7% (18 von 27 Patienten) der untersuchten Patienten einen Patellahochstand. Dieser Wert liegt über den Angaben verschiedener anderer Autoren. In der Literatur werden Werte zwischen 21% und 50% bei Patienten mit patellofemorale Instabilität beschrieben [24, 29, 116]. Die Patella alta stellt in dem hier untersuchten Kollektiv einen Risikofaktor für die Patellaluxation dar.

Die Messung des Insall-Salvati-Index sollte im streng seitlichen Röntgenbild erfolgen. Dabei ergeben sich die oben genannten Werte. Zusätzlich wurde auch in den sagittalen MRT-Bildern der Index bestimmt. Bei der Prüfung der beiden Datensätze ergab sich eine gute Korrelation (Korrelationskoeffizient $\rho = 0,649$ bei $p = 0,009$). Miller et al.

untersuchten, ob der Insall-Salvati-Index im MRT und im Röntgen valide gleiche Ergebnisse bringt. Dazu wurden 46 Knie mit beiden Methoden untersucht und eine gute bis exzellente Korrelation gefunden ($\rho = 0,7$) [117]. Diese Ergebnisse entsprechen unseren Resultaten. In einer anderen Studie wurde ebenfalls die Höhe der Patella im MRT bestimmt. Bei 21% der Patienten mit Patellaluxation wurde eine Patella alta diagnostiziert. In einer früheren Studie der Autoren wurden im konventionellen Röntgen bei 23% eine Patella alta festgestellt [116]. Auch im seitlichen MRT in voller Streckung kann also die Höhe der Patella verlässlich bestimmt werden.

Die Messung des TT-TG-Abstandes erfolgte im axialen MRT. Bei 3 von 15 untersuchten MRT-Bildern wurde dabei ein pathologischer Abstand von mehr als 15 mm gefunden. Durchschnittlich lag der Wert bei $10,4 \pm 4,21$ (Median = 10,4; IQ = 5,65).

In Untersuchungen anderer Autoren werden höhere Werte berichtet. Ma et al. teilten 70 Patienten in zwei Therapiegruppen ein. In der präoperativen CT-Untersuchung wurde ein durchschnittlicher TT-TG-Abstand von $12,5 \pm 1,4$ mm bzw. $12,4 \pm 1,6$ mm gefunden [118]. Ein anderer Autor fand bei 26 untersuchten Knien einen durchschnittlichen Wert von 18 mm (12-22 mm) [119]. In einer weiteren Studie beschreiben die selben Autoren bei 21 Patienten mit patellofemorale Instabilität einen Durchschnittswert von 16 mm (11-22 mm) [81].

Es wird sowohl kontrovers über die Wertigkeit des TT-TG-Abstandes als Kriterium für operative Eingriffe diskutiert als auch darüber, welcher Wert als pathologisch einzustufen ist [4, 104, 120]. Die Angaben schwanken je nach Autor zwischen 15 und 20 mm [24]. Während für Werte zwischen 15 und 20 mm kein Konsens besteht, gilt ein TT-TG-Abstand von über 20 mm als sicher pathologisch [24, 43].

Als Normwert schlugen Pandit et al. für Männer und Frauen $10 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$ vor [43]. Bei den hier untersuchten Patienten lag der Durchschnittswert bei $10,4 \pm 4,21$ mm und somit nur leicht über dem Bereich des Normalwertes. Bei nur drei der 15 ausgewerteten Patienten konnte ein Abstand über 15 mm gemessen werden, keiner davon über 20 mm.

Neben der Trochleadysplasie, ausgeprägter Patella alta und ausgeprägtem Patella tilt wird der „exzessive“ TT-TG-Abstand als grundlegender Risikofaktor für Patellaluxationen beschrieben [104]. In unserem Kollektiv lag nur bei 20% der Patienten ein vergrößerter TT-TG-Abstand vor, bei keinem wurde ein „exzessiv“ [104] erhöhter Wert gefunden.

Körperliche Untersuchung und Anamnese

Bei Patienten mit genereller Bandlaxizität ist die Inzidenz von Patellaluxationen erhöht und Hyperlaxizität wurde als Prädispositionsfaktor für Patellaluxationen erkannt [31, 121-123]. Deshalb wurden alle teilnehmenden Patienten präoperativ auf eine generelle Bandlaxizität untersucht. Wie bei Fithian et al. [25, 27] diente hier als Surrogatparameter der Abstand zwischen Daumen und Radius bei maximaler Flexion des Daumens. Bei 18 der 27 Patienten (66,7%) war der Abstand 0 cm, der Daumen konnte bis an den Radius herangeführt werden.

Nomura et al. führten ein Studie zur generellen Hyperlaxizität bei Patienten mit Patellaluxation durch. Dabei hatten 52% der Patienten einen positiven Daumen-Radius-Test [121]. In der gesunden Kontrollgruppe dieser Studie waren es 46% der Teilnehmer [121].

Rünow entdeckte in einer Untersuchung von 104 Patienten mit Patellaluxation bei zwei Dritteln eine generelle Hyperlaxizität (67 von 104 Patienten) [124]. In der von Rünow untersuchten Kontrollgruppe zeigte sich für die Hyperlaxizität eine Inzidenz von 11% (12 von 104 Patienten) [124]. Eine generelle Hyperlaxizität tritt also bei Patienten mit Patellaluxation circa sechs mal häufiger auf als in der Normalbevölkerung.

Auch im hier untersuchten Kollektiv konnte bei zwei Dritteln eine Hyperlaxizität gefunden werden. Die generelle Bandlaxizität kann also auch hier als Risikofaktor für das Auftreten einer habituellen Patellaluxation gewertet werden.

Als weiterer Untersuchungsparameter wurde die laterale Patellahypermobilität mit dem Patella-Glide-Test bestimmt. Nomura et al. untersuchten bei ihrem Kollektiv mit Patellaluxation die kontralaterale Seite und fanden bei 51% eine hypermobile Patella

(Grad 3 oder 4 im Patella-Glide-Test) [121]. Präoperativ fand sich bei 48,1% unserer Patienten Grad 3 oder 4 im Test. Dieser wurde jedoch auf der betroffenen Seite durchgeführt und kann deshalb auch aufgrund der Ruptur der passiven Stabilisatoren positiv ausfallen [53].

Postoperativ war der Test bei nur einem Patienten mit traumatischer Reluxation positiv, bei 24 Patienten lies sich die Patella nur um 1/4, bei einem Patienten um 2/4 lateralisieren. Shah et al. suchten in der Literatur nach Komplikationen verschiedener Techniken zur MPFL-Rekonstruktion. Das Auftreten fortbestehender Hypermobilität ohne Subluxation oder Luxation variierte bei den untersuchten Studien mit $7,7\% \pm 12,3\%$ stark [125]. In dieser Studie trat zwar eine Reluxation auf, bei den übrigen 26 Knien wurde nach zwölf Monaten jedoch keine fortbestehende Hypermobilität gefunden.

Dies spricht für eine gute Restabilisierung der Patella gegen laterale Zugkräfte durch das eingebrachte Transplantat.

Ein limitiertes Bewegungsausmaß kann nach MPFL-Rekonstruktion aufgrund eines zu stark gespannten Transplantates entstehen [125, 126]. Laut Fisher et al. ist ein defizitäres Bewegungsausmaß die dritthäufigste Komplikation nach MPFL-Rekonstruktion [111]. In ihrer Literatur-Recherche machten Bewegungseinschränkungen 18,1% aller Komplikationen aus [111].

Thaunat et al. fanden nach drei Monaten bei 2 ihrer 20 Patienten ein Flexionsdefizit. Die Spannung des Transplantats wurde bei der Fixation durch Zug mit einem Haken an der Patella in Quadrizeps-Zugrichtung festgelegt [115].

Watanabe et al. beobachteten bei 2 von 42 Knien ein Flexionsdefizit nach durchschnittlich 4,3 Jahren. Bei beiden Patienten wurde die MPFL-Rekonstruktion mit einer Verlagerung der Tuberositas tibiae kombiniert [127].

Bei den hier behandelten Patienten wurde nach zwölf Monaten kein Extensionsdefizit beobachtet. Die Flexion steigerte sich von durchschnittlich von 135° auf $147,5^\circ$ zum letzten Nachuntersuchungstermin. Bei einer Patientin wurde eine Flexion von 110°

gefunden, zwei weitere Patienten hatten eine Flexion von 130°. Damit wurde bei 11% eine Bewegungseinschränkung beobachtet.

Der M. quadriceps femoris und insbesondere der M. vastus medialis obliquus stellen die aktiven patellofemorale Stabilisatoren dar. Die besondere Rolle des Vastus medialis wird in der Literatur übereinstimmend beschrieben [29, 34, 128]. Laut Senavongse et al. trägt der M. vastus medialis obliquus zwischen 20° und 90° Flexion annähernd 30% zur Patellastabilisierung bei [129].

Daher sollte in der Rehabilitation nach MPFL-Rekonstruktion auf den Aufbau der knieumspannenden Muskulatur, vor allem des M. vastus medialis obliquus, besonderer Wert gelegt werden.

Trotz Befolgung des oben aufgeführten Nachbehandlungsplans zeigte sich nach zwölf Monaten acht mal eine mäßige (Grad I), drei mal eine deutliche (Grad II) und drei mal eine starke (Grad III) Quadrizepsatrophie im Vergleich zur Gegenseite. Insgesamt wurde also bei 14 von 27 operierten Knien (51,9%) eine Atrophie gefunden.

Fisher et al. beobachteten in den 21 von ihnen untersuchten Studien die Dysfunktion des M. quadriceps als häufigste Komplikation. Sie machte etwa 31% aller Komplikationen aus [111].

Drez et al. fanden nach 31,5 Monaten bei 9 von 15 Patienten (60%) eine Quadrizepsatrophie nach MPFL-Rekonstruktion [82].

Schmelting et al. vergleichen das Ausmaß der Atrophie der Oberschenkelmuskulatur nach MPFL-Rekonstruktion mit dem anderer Rekonstruktionsverfahren. Im Vergleich zu beispielsweise Kreuzbandplastiken ist das Ausmaß der Atrophie eher niedrig. Dies wird dadurch erklärt, dass durch das extraartikuläre Vorgehen die Propriozeptoren erhalten bleiben und so früher mit der aktiven Rehabilitation begonnen werden kann [1]. Dennoch stellt eine atrophiierte Oberschenkelmuskulatur einen Risikofaktor für anhaltende Instabilität dar und verlangsamt die Wiederaufnahme sportlicher Aktivität. Dies gilt insbesondere für den M. vastus medialis obliquus, zumal dieser bei vorderem Knieschmerz am schnellsten atrophiiert und am langsamsten auf die Rehabilitation reagiert [128].

Bei der Rehabilitation sollte also auf den gezielten Aufbau dieser Muskulatur geachtet werden.

In zahlreichen Studien wird die Rekonstruktion des Ligamentum patellofemorale mediale mit verschiedenen Methoden beschrieben. Obwohl abhängig von der Technik verschiedene Komplikationen auftreten können, sind die Reluxationsraten in der Literatur unabhängig von der Methode niedrig.

Christiansen et al. führten die MPFL-Rekonstruktion mit autologer Gracilissehne durch. Die patellare Fixation erfolgte durch zwei 4,5 mm große Bohrungen durch die Patella, durch die das Implantat gezogen wurde. Beide Enden wurden dann mit einer resorbierbaren Interferenzschraube am medialen Femurkondylus fixiert. Bei 44 Patienten und einem Nachuntersuchungszeitraum von durchschnittlich 22 Monaten ergab sich eine Reluxationsrate von 2% [98].

Deie et al. berichten über eine Reluxationsrate von 0% bei 31 operierten Knien in einem Zeitraum von durchschnittlich 3,2 Jahren. Eines der 31 Knie zeigte jedoch weiterhin eine Instabilität. Die als Transplantat verwendete Semitendinosussehne wurde zwischen Patellaoberfläche und Periost durchgeführt und implantat- und bohrlochfrei mit Nähten auf der Oberfläche der Patella verankert. Die femorale Insertion erfolgte an anatomischer Stelle. Zur Fixierung des Transplantats wurde ein knöcherner Zylinder an der Insertionsstelle entnommen, die Sehne mit Hilfe einer vorgelegten Naht transfemoral eingezogen und mit dem Knochenzylinder und einer Klammer fixiert [130].

Nomura et al. verfolgten 12 Patienten mit Semitendinosusplastik über durchschnittlich 4,2 Jahre. Dabei trat keine Reluxation oder Subluxation auf. Hier wurde das Transplantat in einem Bohrkanal in der Patella fixiert. Die femorale Fixation erfolgte mittels Unterlegscheibe mit Dornen und Schraube [112].

Schöttle et al. führten an 15 Knien eine MPFL-Rekonstruktion mit Semitendinosussehne durch. Die patellare Fixation erfolgte dabei mit zwei Nahtankern, die femorale mit einer Interferenzschraube. Der Nachuntersuchungszeitraum war vier Jahre, bei zwei Knien verblieb postoperativ eine Instabilität [93].

Steiner et al. veröffentlichten eine Studie mit 34 Patienten mit Patellainstabilität und Trochleadysplasie, die mit einer MPFL-Rekonstruktion mit verschiedenen Transplantaten therapiert wurden. Nach durchschnittlich 66,5 Monaten Nachuntersuchung trat keine Reluxation auf [114].

Mikashima et al. beobachteten 24 Patienten über zwei Jahre. Bei der Hälfte der Patienten wurde das Transplantat (autologe Semitendinosussehne) durch einen Bohrkanal durch die Patella durchgezogen und auf sich selbst vernäht, bei der anderen Hälfte der Patienten wurde das Transplantat direkt am Periost der Patella vernäht. Es wurden keine Reluxationen beobachtet, in der Gruppe mit der transpatellaren Fixation traten jedoch zwei Patellafrakturen auf [99].

Das Kollektiv in dieser Studie umfasste 27 Patienten. Nach zwölf Monaten trat bei einem Patient eine Reluxation auf (Reluxationsrate: 3,7%) (s. 3.5). Diese Reluxation ereignete sich acht Wochen nach der MPFL-Rekonstruktion bei einem Anpralltrauma mit dem Hund des Patienten. Anamnestisch bestanden bei dem 13-jährigen Patienten beidseitige Luxationen seit dem Kindesalter (zuletzt 3 mal täglich) bei flacher Trochlea, massiver Hypotrophie der Quadrizeps-Muskulatur und Hyperlaxizität.

Beim Revisionseingriff zeigte sich die patellare Insertion intakt und makroskopisch vollständig in die Kapsel integriert. Es zeigte sich jedoch eine nicht-anatomische Rekonstruktion an der femoralen Insertion, die in Kombination mit dem Anpralltrauma wahrscheinlich zu der Reluxation geführt hat.

Bei den 26 weiteren Patienten wurde weder ein Subluxations-, noch ein Luxationsereignis im Nachuntersuchungszeitraum beobachtet. Über die Hälfte der Reluxationen ereignen sich innerhalb der ersten zwei Jahre nach der Operation [24, 32]. Das hier untersuchte Kollektiv wurde jedoch nur über ein Jahr verfolgt. Bisher sind die Ergebnisse vielversprechend, es müssen allerdings noch weitere Untersuchungen über einen längeren Zeitraum folgen.

Weitere Komplikationen wurden im Nachuntersuchungszeitraum nicht beobachtet. Ob sich Langzeitkomplikationen wie etwa eine erhöhte Arthroserate durch die hier

durchgeführte Technik vermeiden lassen, oder vermehrt auftreten, müssen weitere Untersuchungen ergeben.

Die subjektive Beurteilung der Einschränkung des Gesamtgesundheitszustandes der Patienten wurde auf einer Skala von eins bis zehn zu jedem Untersuchungszeitpunkt erfasst, wobei eins „Schlechtester vorstellbarer Gesundheitszustand“ und zehn „Bester vorstellbarer Gesundheitszustand“ bedeutete.

Präoperativ gaben die untersuchten Patienten durchschnittlich 5 Punkte (Median = 5; IQR= 2,5), nach sechs Monaten 9 Punkte (Median = 9; IQR = 2,25) an. Diese Steigerung ist hoch signifikant (p-Wert < 0.001). Auch nach einem Jahr war das Ergebnis noch bei 9 Punkten (Median = 9; IQR = 2), bei allerdings kleinerem IQR und noch deutlicherer Signifikanz (p-Wert < 0,001).

Die frühe Verbesserung der Beurteilung des Gesamtgesundheitszustandes der Patienten nach sechs Monaten spricht für die Operationsmethode, eine weitere Steigerung bis zur Nachuntersuchung nach einem Jahr blieb jedoch aus.

5 Zusammenfassung

Die patellofemorale Instabilität bzw. die Patellaluxation hat eine Inzidenz von 7 - 49 pro 100.000 Einwohner und verursacht 2-3% aller Knieverletzungen. Über 10% der muskuloskelettalen Symptome werden durch die patellofemorale Instabilität verursacht. Unterschieden werden akut-traumatische, rezidivierende, habituelle, kongenitale und neuromuskuläre Formen der Patellaluxation.

Hauptsächlich sind sportlich aktive, junge Menschen betroffen. Dabei ist die Inzidenz bei Frauen leicht höher als bei Männern.

Die Ätiologie der Patellaluxation ist stets multifaktoriell, als Risikofaktoren gelten jedoch die Trochleadysplasie, ein erhöhter Patellatilt, die Patella alta, ein erhöhter TT-TG-Abstand und die Beschaffenheit des Ligamentum patellofemorale mediale.

Zur Therapie eignen sich je nach individueller Symptomatik und Risikofaktoren sowohl konservative als auch operative Maßnahmen, wobei die Inzidenz der Reluxationen bei konservativem Vorgehen höher als bei operativer Therapie ist. In den letzten Jahren wurden zahlreiche Operationsmethoden und -techniken mit unterschiedlichem Ansatz und Erfolg beschrieben.

Bei der hier untersuchten Technik wird das Ligamentum patellofemorale mediale mit Hilfe einer autologen Sehnenplastik (Sehne des M. gracilis) und einer Weichteilfixation an der patellaren Insertion ohne Einbringung weiteren Fremdmaterials anatomisch rekonstruiert.

Das Ziel dieser prospektiven Verlaufsbeobachtung war es, die postoperative Entwicklung von Funktion, Stabilität und Schmerzen, sowie die Beurteilung der Einschränkung des Gesamtgesundheitszustandes der Patienten nach MPFL-Rekonstruktion zu untersuchen.

Dazu wurden 27 Patienten im Alter zwischen zwölf und 45 Jahren, die zwischen Januar 2011 und November 2012 wegen habitueller bzw. habituell rezidivierender und in einem Fall traumatischer Patellaluxation operiert wurden, nach festgesetzten Kriterien in die Studie eingeschlossen und über den Zeitraum von zwölf Monaten postoperativ

nachuntersucht. Die Ergebnisse wurden anhand des „Kujala Anterior Knee Pain Score“ und des „Validierten Fragebogen über Kniebeschwerden nach F. Flandry“ erhoben. Außerdem wurde eine standardisierte körperliche Untersuchung durchgeführt.

Von den 27 eingeschlossenen Patienten konnten 24 über die volle Dauer nachuntersucht werden, drei Patienten nur über sechs Monate postoperativ. Die Ergebnisse im Kujala-Score verbesserten sich von durchschnittlich 72 Punkten (IQR = 35) präoperativ auf 95 Punkte (IQR = 9,25) nach zwölf Monaten. Nach bereits sechs Monaten war die Verbesserung hochsignifikant.

Die Ergebnisse des Flandry-Score zeigten eine Verbesserung von 65,7 Punkten (IQR = 29,5) präoperativ auf 89,9 Punkte (IQR = 7,75) nach zwölf Monaten. Auch hier war die Verbesserung bereits nach einem halben Jahr hochsignifikant.

Postoperativ gaben die Patienten am häufigsten Schwierigkeiten bei der Hocke und beim Knien an. Weitere Einschränkungen der Alltagsaktivitäten traten sechs Monate postoperativ nicht mehr auf. Auch die Häufigkeit und Intensität der Schmerzen aufgrund des Kniegelenkes entwickelten sich nach Ablauf eines halben Jahres sehr gut. Probleme bei sportlichen Aktivitäten wurden nach sechs Monaten nicht mehr angegeben, allerdings war bei 51,9% der Patienten noch nach einem Jahr eine Atrophie der Quadrizepsmuskulatur festzustellen. Auch war der Anspruch an die körperliche Leistungsfähigkeit bei den hier untersuchten Patienten auf einem niedrigen Niveau. Bereits nach drei Monaten wurde kein „Giving Way“ mehr berichtet.

Bei den 27 untersuchten Patienten trat insgesamt eine traumatische Reluxation auf. Weitere Komplikationen wurden nicht bekannt. Die subjektive Beurteilung des Gesamtgesundheitszustandes verbesserte sich bereits ein halbes Jahr nach der Operation hochsignifikant im Vergleich zum präoperativen Status.

Die MPFL-Rekonstruktion mit autologer Gracilissehne und Weichteilfixation zeigte bezüglich Reluxationen und Stabilität nach einem Jahr sehr gute Ergebnisse. Die Rehabilitation und Wiederaufnahme von sportlichen Aktivitäten verlief zügig. Außer einer Reluxation und persistierenden Hypästhesien nach Femoralisblock bei einer Patientin wurden keine Komplikationen bekannt.

Die Resultate dieser Untersuchung sind vielversprechend, es wird jedoch noch Studien mit größeren Patientenzahlen und längerem Nachuntersuchungszeitraum geben müssen.

6 Bibliografie

1. Schmeling, A., *Aktuelle Aspekte der patellofemorale Instabilität*. SFA Arthroskopie Aktuell, 2010. **23**: p. 1-27.
2. Stefancin, J. J., *First-time traumatic patellar dislocation: a systematic review*. Clinical Orthopaedics and Related Research, 2007. **455**: p. 93-101.
3. Naveed, M.A., *Long-term (ten- to 15-year) outcome of arthroscopically assisted Elmslie-Trillat tibial tubercle osteotomy*. Bone Joint J, 2013. **95-B**: p. 478-485.
4. Krüger-Franke, M., *Diagnostik und Therapie der akuten Patellaluxation*. OUP, 2013. **6**: p. 284-287.
5. Farahmand, F., *Quantitative study of the quadriceps muscles and trochlear groove geometry related to instability of the patellofemoral joint*. J Orthop Res, 1998. **16**: p. 136-143.
6. Amis, A. A., *Anatomy and biomechanics of the medial patellofemoral ligament*. The Knee, 2003. **10**(3): p. 215-220.
7. Aumüller, G., *Duale Reihe Anatomie*. 1. Auflage ed. 2007, Stuttgart Thieme Verlag.
8. Dath, R., *Patella dislocations*. Trauma, 2006. **8**(1): p. 5-11.
9. Wirth, T., *Dislocations of the patella*. Unfallchirurg, 2011. **114**(5): p. 388-395.
10. Fithian, D. C., *Anatomy of patella dislocation*. Operative Techniques in Sports Medicine, 2001. **9** (3): p. 102-111.
11. Redziniak, D. E., *Patellar instability*. J Bone Joint Surg Am, 2009. **91-A** (9): p. 2264-2275.
12. Maeseneer, M. D., *Three layers of the medial capsular and supporting structures of the knee: MR imaging-anatomic correlation*. RadioGraphics, 2000. **20**: p. 83-89.
13. Philippot, R., *Medial patellofemoral ligament anatomy: implications for its surgical reconstruction*. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2009. **17**(5): p. 475-479.
14. Nomura, E., *Medial patellofemoral ligament* The Knee, 2000. **7**: p. 121-127.

15. White, B. J., *Patellofemoral instability*. Bulletin of the NYU Hospital for Joint Diseases, 2009. **67**(1): p. 22-29.
16. Desio, S. M., *Soft tissue restraints to lateral patellar translation in the human knee*. Am J Sports Med, 1998. **26**(1): p. 59-65.
17. Hautamaa, P. K., *Medial soft tissue restraints in lateral patellar instability and repair*. Clinical Orthopaedics And Related Research, 1998. **349**: p. 174-182.
18. Baldwin, J. L., *The anatomy of the medial patellofemoral ligament*. Am J Sports Med, 2009. **37**(12): p. 2355-2361.
19. Nomura, E., *Anatomical analysis of the medial patellofemoral ligament of the knee, especially the femoral attachment*. Knee Surgery Sports Traumatology Arthroscopy, 2005. **13**(7): p. 510-515.
20. Tuxoe, J. I., *The medial patellofemoral ligament: a dissection study*. Knee Surgery Sports Traumatology Arthroscopy, 2002. **10**(3): p. 138-140.
21. Strobl, W., *Die Patellaluxation*. Orthopäde, 1998. **27**: p. 197-205.
22. Oestern, S., *Patella dislocation*. Unfallchirurg, 2011. **114**(4): p. 345-358.
23. Rütt, A., *Die Pathomechanik der Patellaluxation*. Archiv orthopädische Unfall-Chirurgie, 1975. **81**: p. 169-175.
24. Balcarek, P., *Die Patellaluxation im Kindes- und Jugendalter*. Arthroscopie, 2012. **25**(4): p. 266-274.
25. Fithian, D.C., *Epidemiology and natural history of acute patellar dislocation*. Am J Sports Med, 2004. **32**(5): p. 1114-1121.
26. Cash, J. D., *Treatment of acute patellar dislocation*. Am J Sports Med, 1988. **16**(3): p. 244-249.
27. Goodwin, D., *Patellar instability*. OA Sports Medicine 2013. **1**(1): 5.
28. Sillanpää, P., *Incidence and risk factors of acute traumatic primary patellar dislocation*. Med Sci Sports Exerc., 2008. **40**(4): p. 606-611.
29. Atkin, D. M., *Characteristics of patients with primary acute lateral patellar dislocation and their recovery within the first 6 months of injury*. Am J Sports Med, 2000. **28**(4): p. 472-479.

30. Cofield, R. H., *Acute dislocation of the patella- results of conservative treatment*. The Journal of Trauma, 1977. **17**(7): p. 526-531.
31. Mäenpää, H., *Recurrence after patellar dislocation*. Acta Orthop Scand, 1997. **68**(5): p. 424-426.
32. Palmu, S., *Acute patellar dislocation in children and adolescents: a randomized clinical trial*. J Bone Joint Surg Am, 2008. **90**(3): p. 463-470.
33. Dejour, H., *Factors of patellar instability- an anatomic radiographic study*. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 1994. **2**: p. 19-26.
34. Balcarek, P., *Anatomy of lateral patellar instability: trochlear dysplasia and tibial tubercle-trochlear groove distance is more pronounced in women who dislocate the patella*. Am J Sports Med, 2010. **38**(11): p. 2320-2327.
35. Zaffagnini, S., *Pathophysiology of lateral patellar dislocation*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2010: p. 17-27.
36. Dejour, D., *The sulcus deepening trochleoplasty-the Lyon's procedure*. International Orthopaedics, 2010. **34**(2): p. 311-316.
37. Schöttle, P. B., *Arthroscopic medial retinacular repair after patellar dislocation with and without underlying trochlear dysplasia: a preliminary report*. The Journal of Arthroscopic and Related Surgery, 2006. **22**(11): p. 1192-1198.
38. Simmons, E., *Patella alta and recurrent dislocation of the patella*. Clinical Orthopaedics And Related Research, 1992. **274**: p. 265-269.
39. Berg, E. E., *Patellar height ratios*. Am J Sports Med, 1996. **24**(2): 218-221.
40. Magnussen, R. A., *Treatment of patella alta in patients with episodic patellar dislocation: a systematic review*. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2014. **22**(10): 2545-2550.
41. Davies, A. P., *The sulcus angle and malalignment of the extensor mechanism of the knee*. J Bone Joint Surg Br., 2000. **82-B**: p. 1162-1166.
42. Fucentese, S. F., *The patella morphology in trochlear dysplasia - a comparative MRI study*. The Knee, 2006. **13**(2): p. 145-150.

43. Pandit, S., *Magnetic resonance imaging assessment of tibial tuberosity-trochlear groove distance: normal values for males and females*. International Orthopaedics, 2011. **35**(12): p. 1799-1803.
44. Schoettle, P. B., *The tibial tuberosity-trochlear groove distance; a comparative study between CT and MRI scanning*. The Knee, 2006. **13**(1): p. 26-31.
45. Diks, M. J., *Patients with lateral tracking patella have better pain relief following CT-guided tuberosity transfer than patients with unstable patella*. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2003. **11**(6): p. 384-388.
46. Schottle, P. B., *Trochleaplasty for patellar instability due to trochlear dysplasia: A minimum 2-year clinical and radiological follow-up of 19 knees*. Acta Orthopaedica, 2005. **76**(5): p. 693-698.
47. Merchant, A. C., *Classification of patellofemoral disorders*. The Journal of Arthroscopic and Related Surgery, 1988. **4**(4): p. 235-240.
48. Mäenpää, H., *The long-term results of nonoperative management in 100 patients*. Am J Sports Med, 1997. **25**(2): p. 213-217.
49. Smirk, C., *The anatomy and reconstruction of the medial patellofemoral ligament*. The Knee, 2003. **10**(3): p. 221-227.
50. Balcarek, P., *Patellar dislocations in children, adolescents and adults: a comparative MRI study of medial patellofemoral ligament injury patterns and trochlear groove anatomy*. Eur J Radiol, 2011. **79**(3): p. 415-420.
51. Nomura, E., *Chondral and osteochondral injuries associated with acute patellar dislocation*. The Journal of Arthroscopic and Related Surgery, 2003. **19**(7): p. 717-721.
52. Nomura, E., *Long-term follow-up and knee osteoarthritis change after medial patellofemoral ligament reconstruction for recurrent patellar dislocation*. Am J Sports Med, 2007. **35**(11): p. 1851-1858.
53. Pagenstert, G. I., *Clinical examination for patellofemoral problems*. Orthopäde, 2008. **37**(9): p. 890-903.
54. Putz, R., *Sobotta - Atlas der Anatomie des Menschen*. 21. Auflage ed. Vol. 21. 2004, München: Urban & Fischer.

55. Smits-Engelsman, B., *Beighton score: a valid measure for generalized hypermobility in children*. Journal of Pediatrics, 2011. **158**(1): p. 119-123.
56. Stefanik, J. J., *Association between measures of patella height, morphologic features of the trochlea, and patellofemoral joint alignment: The MOST study*. Clinical Orthopaedics and Related Research, 2013. **471**(8): p. 2641-2648.
57. Upadhyay, S., *Position of the patella in adults in central India - evaluation of the Insall-Salvati ratio*. Journal of Orthopaedic Surgery, 2013. **21**(1): p. 23-27.
58. Nomura, E., *Correlation of MR imaging findings and open exploration of medial patellofemoral ligament injuries in acute patellar dislocations*. The Knee, 2002. **9**: p. 139-143.
59. Sanders, T. G., *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): p. 957-962.
60. Apostolovic, M., *Acute patellar dislocation in adolescents: operative versus nonoperative treatment*. International Orthopaedics, 2011. **35**(10): p. 1483-1487.
61. Minkowitz, R., *Patellar instability*. Bulletin of the NYU Hospital for Joint Diseases, 2007. **65**(4): p. 280-293.
62. Petri, M., *Operative vs conservative treatment of traumatic patellar dislocation: results of a prospective randomized controlled clinical trial*. Arch Orthop Trauma Surg, 2013. **133**(2): p. 209-213.
63. Ahmad, C. S., *Immediate surgical repair of the medial patellar stabilizers for acute patellar dislocation*. Am J Sports Med, 2000. **28**(6): p. 804-810.
64. Buchner, M., *Acute traumatic primary patellar dislocation: Long-term results comparing conservative and surgical treatment*. Clinical Journal of Sport Medicine, 2005. **15**(2): p. 62-66.
65. Vähäsarja, V., *Lateral release and proximal realignment for patellofemoral malalignment*. Acta Orthop Scand, 1998. **69**(2): p. 159-162.
66. Lattermann, C., *The role of lateral retinacular release in the treatment of patellar instability*. Sports Med Arthrosc Rev, 2007. **15**: p. 57-60.

67. Nonweiler, D. E., *The diagnosis and treatment of medial subluxation of the patella after lateral retinacular release*. Am J Sports Med, 1994. **22**(5): p. 680-686.
68. Hughston, J. C., *Medial subluxation of the patella as a complication of lateral retinacular release*. Am J Sports Med, 1988. **16**(4): p. 383-388.
69. Roth, S., *Influence of arthroscopic lateral release on functional recovery in adolescents with recurrent patellar dislocation*. Arch Orthop Trauma Surg, 2013. **133**(10): p. 1441-1445.
70. Christoforakis, J., *Effects of lateral retinacular release on the lateral stability of the patella*. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2006. **14**(3): p. 273-277.
71. Fithian, D. C., *Lateral retinacular release: a survey of the international patellofemoral study group*. The Journal of Arthroscopic and Related Surgery, 2004. **20**(5): p. 463-468.
72. Knoch, F. v., *Trochleaplasty for recurrent patellar dislocation in association with trochlear dysplasia*. J Bone Joint Surg Br., 2006. **88**(10): p. 1331-1335.
73. Brown, D. E., *The Elmslie-Trillat procedure - Evaluation in patellar dislocation and subluxation*. Am J Sports Med, 1984. **12**(2): p. 101-109.
74. Elias, J. J., *Evaluation of a computational model used to predict the patellofemoral contact pressure distribution*. Journal of Biomechanics, 2004. **37**(3): p. 295-302.
75. Elias, J. J., *Reducing the lateral force acting on the patella does not consistently decrease patellofemoral pressures*. Am J Sports Med, 2004. **32**(5): p. 1202-1208.
76. Nomura, E., *Surgical technique and rationale for medial patellofemoral ligament reconstruction for recurrent patellar dislocation*. The Journal of Arthroscopic and Related Surgery, 2003. **19**(5): p. 1-9.
77. Schottle, P. B., *Anatomical reconstruction of the medial patellofemoral ligament using a free gracilis autograft*. Arch Orthop Trauma Surg, 2009. **129**(3): p. 305-309.

78. Lenschow, S., *Medial patellofemoral ligament reconstruction: fixation strength of 5 different techniques for graft fixation at the patella*. The Journal of Arthroscopic and Related Surgery, 2013. **29**(4): p. 766-773.
79. Gomes, J. L. E., *Medial patellofemoral ligament reconstruction with half width (Hemi Tendon) semitendinosus graft*. Orthopedics, 2008. **31**(4): p. 322-326.
80. Avikainen, V. J., *Adductor magnus tenodesis for patellar dislocation*. Clinical Orthopedics And Related Research, 1993. **297**: p. 12-16.
81. Nelitz, M., *Anatomic reconstruction of the medial patellofemoral ligament in children and adolescents with open growth plates: surgical technique and clinical outcome*. Am J Sports Med, 2013. **41**(1): p. 58-63.
82. Drez, D., *Results of medial patellofemoral ligament reconstruction in the treatment of patellar dislocation*. The Journal of Arthroscopic and Related Surgery, 2001. **17**(3): p. 298-306.
83. Nietosvaara, Y., *Acute patellar dislocation in children and adolescents. Surgical technique*. J Bone Joint Surg Am, 2009. **91**: p. 139-145.
84. Schöttle, P. B., *Technical note: anatomical reconstruction of the medial patellofemoral ligament using a free gracilis autograft*. Arch Orthop Trauma Surg, 2008. **128**(5): p. 479-484.
85. Kujala, U. M., *Scoring of patellofemoral disorders*. The Journal of Arthroscopic and Related Surgery, 1993. **9**: p. 159-163.
86. Höher, J., *Validation and application of a subjective knee questionnaire*. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 1995. **3**: p. 26-33.
87. Tilley, S., *What knee scoring system?* J Bone Joint Surg Br, 2010: p. 1-4.
88. Crossley, K. M., *Analysis of outcome measures for persons with patellofemoral pain: which are reliable and valid?* Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 2004. **85**(5): p. 815-822.
89. Hooper, D. M., *Validation of the Hughston Clinic subjective knee questionnaire using gait analysis*. Medicine & Science in Sports & Exercise, 2001: p. 1456-1462.

90. Pua, Y. H., *Cross-sectional and longitudinal validity of the Hughston Clinic Knee Questionnaire in arthroscopic meniscal repair*. Proceedings of Singapore Healthcare, 2010. **19**(3): p. 194-201.
91. Salay, P. I., *Acute dislocation of the patella*. Am J Sports Medicine, 1996. **24**(1): p. 52-60.
92. Petersen, W., *Chronic patellofemoral instability*. Unfallchirurg, 2012. **115**(5): p. 397-409.
93. Schöttle, P. B., *Clinical and radiological outcome of medial patellofemoral ligament reconstruction with a semitendinosus autograft for patella instability*. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2005. **13**(7): p. 516-521.
94. Nomura, E., *A mid-term follow-up*. The Knee, 2000. **7**: p. 2211-2215.
95. Dopirak, R., *Reconstruction of the medial patellofemoral ligament using a quadriceps tendon graft: a case series*. Orthopaedics, 2008. **31**(3): p. 217.
96. Parikh, S. N., *Patellar fracture after medial patellofemoral ligament surgery: a report of five cases*. J Bone Joint Surg, 2011. **93**(17): e97.
97. Lippacher, S., *Patellar fracture after patellar stabilization*. Orthopäde, 2010. **39**(5): p. 516-518.
98. Christiansen, S. E., *Reconstruction of the medial patellofemoral ligament with gracilis tendon autograft in transverse patellar drill holes*. The Journal of Arthroscopic and Related Surgery, 2008. **24**(1): p. 82-87.
99. Mikashima, Y., *Clinical results of isolated reconstruction of the medial patellofemoral ligament for recurrent dislocation and subluxation of the patella*. Acta Orthopædica Belgica, 2006. **72**: p. 65-71.
100. Muthukumara, N., *Patellar fracture following surgery for patellar instability*. The Knee, 2004. **11**: p. 121-123.
101. Deie, M., *A long-term follow-up study after medial patellofemoral ligament reconstruction using the transferred semitendinosus tendon for patellar dislocation*. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2005. **13**(7): p. 522-528.

102. Ahmad, C. S., *The docking technique for medial patellofemoral ligament reconstruction: surgical technique and clinical outcome*. Am J Sports Med, 2009. **37**(10): p. 2021-2027.
103. Gomes, J. L. E., *Medial patellofemoral ligament reconstruction for recurrent dislocation of the patella - A preliminary report*. The Journal of Arthroscopic and Related Surgery, 1992. **8**(3): p. 335-340.
104. Arendt, E. A., *MPFL reconstruction for PF instability. The soft (tissue) approach*. Orthopaedics & Traumatology Surgery & Research, 2009. **95**(8): p. 97-100.
105. Steensen, R. N., *The anatomy and isometry of the medial patellofemoral ligament: Implications for reconstruction*. Am J Sports Med, 2004. **32**(6): p. 1509-1513.
106. Elias, J. J., *Technical errors during medial patellofemoral ligament reconstruction could overload medial patellofemoral cartilage: a computational analysis*. Am J Sports Med, 2006. **34**(9): p. 1478-1485.
107. Burks, R. T., *The effects of semitendinosus and gracilis harvest in anterior cruciate ligament reconstruction*. The Journal of Arthroscopic and Related Surgery, 2005. **21**(10): p. 1177-1185.
108. Segawa, H., *Rotational muscle strength of the limb after anterior cruciate ligament reconstruction using semitendinosus and gracilis tendon*. The Journal of Arthroscopic and Related Surgery, 2002. **18**(2): p. 177-182.
109. Mountney, J., *Tensile strength of the medial patellofemoral ligament before and after repair or reconstruction.*, J Bone Joint Surg Br, 2005. **87-B**(1): p. 36-40.
110. Smith, T. O., *Outcomes of medial patellofemoral ligament reconstruction for patellar instability: a systematic review*. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2007. **15**(11): p. 1301-1314.
111. Fisher, B., *Medial patellofemoral ligament reconstruction for recurrent patellar dislocation: a systematic review including rehabilitation and return-to-sports efficacy*. The Journal of Arthroscopic and Related Surgery, 2010. **26**(10): p. 1384-1394.

112. Nomura, E., *Hybrid medial patellofemoral ligament reconstruction using the semitendinous tendon for recurrent patellar dislocation: minimum 3 years' follow-up*. The Journal of Arthroscopic and Related Surgery, 2006. **22**(7): p. 787-793.
113. Sillanpaa, P., *Ligament reconstruction versus distal realignment for patellar dislocation*. Clinical Orthopaedics and Related Research, 2008. **466**(6): p. 1475-1484.
114. Steiner, T. M., *Medial patellofemoral ligament reconstruction in patients with lateral patellar instability and trochlear dysplasia*. Am J Sports Med, 2006. **34**(8): p. 1254-1261.
115. Thauinat, M., *The favourable anisometry: an original concept for medial patellofemoral ligament reconstruction*. The Knee, 2007. **14**(6): p. 424-428.
116. Elias, D. A., *Acute lateral patellar dislocation at MR imaging - Injury patterns of medial patellar soft-tissue restraints and osteochondral injuries of the inferomedial patella*. Radiology, 2002. **225**(3): p. 736-743.
117. Miller, T. T., *Patellar height on sagittal MR imaging of the knee*. American Journal of Roentgenology, 1996. **167**: p. 339-341.
118. Ma, L. F., *Medial retinaculum plasty versus medial patellofemoral ligament reconstruction for recurrent patellar instability in adults: A randomized controlled trial*. The Journal of Arthroscopic and Related Surgery, 2013. **29**(5): p. 891-897.
119. Nelitz, M., *Combined trochleoplasty and medial patellofemoral ligament reconstruction for recurrent patellar dislocations in severe trochlear dysplasia: a minimum 2 - year follow-up study*. Am J Sports Med, 2013. **41**(5): p. 1005-1012.
120. Koëter, S., *A modified tibial tubercle osteotomy for patellar maltracking*. J Bone Joint Surg Br, 2007. **89-B**: p. 180-185.
121. Nomura, E., *Generalized joint laxity and contralateral patellar hypermobility in unilateral recurrent patellar dislocators*. The Journal of Arthroscopic and Related Surgery, 2006. **22**(8): p. 861-865.

122. Simpson, M. R., *Benign joint hypermobility syndrome: Evaluation, diagnosis, and management*. J Am Osteopath Assoc, 2006. **106**: p. 531–536.
123. Deie, M., *Reconstruction of the medial patellofemoral ligament for the treatment of habitual or recurrent dislocation of the patella in children*. J Bone Joint Surg Br, 2003. **85-B(6)**: p. 887-890.
124. Rünow, A., *The dislocating patella. Etiology and prognosis in relation to generalized joint laxity and anatomy of the patellar articulation*. Acta Orthop Scand Suppl., 1983. **201**: p. 1-53.
125. Shah, J. N., *A systematic review of complications and failures associated with medial patellofemoral ligament reconstruction for recurrent patellar dislocation*. Am J Sports Med, 2012. **40(8)**: p. 1916-1923.
126. Bollier, M., *Technical failure of medial patellofemoral ligament reconstruction*. The Journal of Arthroscopic and Related Surgery, 2011. **27(8)**: p. 1153-1159.
127. Watanabe, T., *Visual analog scale assessment after medial patellofemoral ligament reconstruction: with or without tibial tubercle transfer*. Journal of Orthopaedic Science, 2008. **13(1)**: p. 32-38.
128. Amis, A. A., *Patellofemoral kinematics during knee flexion-extension: an in vitro study*. J Orthop Res, 2006. **24(12)**: p. 2201-2211.
129. Senavongse, W., *The effects of articular, retinacular, or muscular deficiencies on patellofemoral joint stability*. J Bone Joint Surg Br, 2005. **87-B(4)**: p. 577-582.
130. Deie, M., *Medial patellofemoral ligament reconstruction fixed with a cylindrical bone plug and a grafted semitendinosus tendon at the original femoral site for recurrent patellar dislocation*. Am J Sports Med, 2011. **39(1)**: p. 140-145.
131. Tegner, Y., *Rating Systems in the evaluation of knee ligament injuries*. Clinical Orthopaedics and Related Research, 1985. **196**: p: 43-49.
132. Inc., A., *Pages '09*, Apple Inc.: USA.
131. Team, R.C., *R: A language and environment for statistical computing*, 2013, R Foundation for Statistical Computing: Vienna, Austria.

7 Anhang

1. Kujala's Anterior Knee Pain Score

KUJALA SCORE

Name, Vorname: _____

Alter: _____

Dauer der Symptome: _____

Knie: _____

1. Hinken

- Kein (5)
- Leicht / Intermittierend (3)
- Dauerhaft (0)

2. Belastung

- Vollbelastung ohne Schmerz (5)
- Schmerzhaft (3)
- Keine Belastung möglich (0)

3. Gehen

- Freie Gehstrecke (5)
- Gehstrecke >2 km (3)
- 1 – 2 km (2)
- Unmöglich (0)

4. Treppen

- Kein Hindernis (10)
- Leichter Schmerz treppab (8)
- Schmerz treppab und treppauf (5)
- Unmöglich (0)

5. Hocke

<input type="checkbox"/>	Ohne Probleme	(5)
<input type="checkbox"/>	Wiederholtes Hocken schmerzhaft	(4)
<input type="checkbox"/>	Dauerhaft schmerzhaft	(3)
<input type="checkbox"/>	Möglich bei einseitiger Entlastung	(2)
<input type="checkbox"/>	Unmöglich	(0)

6. Laufen

<input type="checkbox"/>	Freies Laufen	(10)
<input type="checkbox"/>	Schmerz nach >2 km	(8)
<input type="checkbox"/>	Leichter Schmerz von Beginn an	(6)
<input type="checkbox"/>	Starker Schmerz	(3)
<input type="checkbox"/>	Unmöglich	(0)

7. Springen

<input type="checkbox"/>	Keine Einschränkung	(10)
<input type="checkbox"/>	Leichte Probleme	(7)
<input type="checkbox"/>	Konstanter Schmerz	(2)
<input type="checkbox"/>	Unmöglich	(0)

8. Langes Sitzen mit flektiertem Knie

<input type="checkbox"/>	Keine Einschränkung	(10)
<input type="checkbox"/>	Schmerz nach Aktivität / Training	(8)
<input type="checkbox"/>	Konstanter Schmerz	(6)
<input type="checkbox"/>	Schmerz zwingt zur zeitweisen Extension	(4)
<input type="checkbox"/>	Unmöglich	(0)

9. Schmerz

<input type="checkbox"/>	Kein	(10)
<input type="checkbox"/>	Leicht / gelegentlich	(8)
<input type="checkbox"/>	Nachtschmerz	(6)
<input type="checkbox"/>	Intermittierend starker Schmerz	(3)
<input type="checkbox"/>	Konstant und stark	(0)

10. Schwellung

<input type="checkbox"/>	Keine	(10)
<input type="checkbox"/>	Nach starker Belastung	(8)
<input type="checkbox"/>	Nach normaler Tagesaktivität	(6)
<input type="checkbox"/>	Jeden Abend	(4)
<input type="checkbox"/>	Konstant	(0)

11. Abnorme Patella Bewegungen (Subluxationen)

<input type="checkbox"/>	Keine	(10)
<input type="checkbox"/>	Gelegentlich bei sportlicher Aktivität	(4)
<input type="checkbox"/>	Gelegentlich im Alltag	(4)
<input type="checkbox"/>	Mind. 1 gesicherte Luxation	(2)
<input type="checkbox"/>	Mehr als 2 Luxationen	(0)

12. Atrophie des Oberschenkel

<input type="checkbox"/>	Keine	(10)
<input type="checkbox"/>	Leicht	(3)
<input type="checkbox"/>	Stark	(0)

13. Flexionsdefizit

<input type="checkbox"/>	Kein	(5)
<input type="checkbox"/>	Leicht	(3)
<input type="checkbox"/>	Stark	(0)

Abb. 38: Kujala's Anterior Knee Pain Score [85]

2. Validierter Fragebogen über Kniebeschwerden nach Flandry

VALIDIERTER FRAGEBOGEN ÜBER KNIEBESCHWERDEN

Name, Vorname: _____

Geburtsdatum: _____

Klinik-Nr.: _____

Heutiges Datum: _____

Knie: _____

1. Wie oft schmerzt Ihr Knie?
niemals täglich, selbst in Ruhe

2. Wie stark ist Ihr Schmerz im schlimmsten Fall?
keine Schmerzen so stark, dass Schmerztabletten
alle paar Stunden nötig sind

3. Schwillt Ihr Knie an?
niemals täglich, selbst in Ruhe

4. Gibt Ihr Knie nach bzw. knickt es ein? (Wackeln oder Instabilitätsgefühl)
niemals Ich muss mich in acht nehmen, um
ein Einknicken bei alltäglichen
Bewegungen zu vermeiden

5. Blockiert Ihr Kniegelenk, so dass Sie es nicht mehr strecken können?
niemals Ich muss mein Knie schützen, so
dass es nicht bei alltäglichen
Belastungen blockiert

6. Schnappt Ihr Knie oder klemmt es bei Bewegungen?
niemals Ich muss mich in acht nehmen, um
ein Einschnappen bei alltäglichen
Bewegungen zu vermeiden

7. Ist Ihr Knie steif?
niemals Ich kann mein Knie wegen der
Steife kaum bewegen

8. Sind Sie in der Lage, auf ebenem Boden zu gehen?
kein Problem nicht möglich
-
9. Sind Sie in der Lage, auf unebenem Boden zu gehen?
kein Problem nicht möglich
-
10. Benötigen Sie Krücken, Stöcke oder andere Gehgeräte?
niemals immer
-
11. Spüren Sie ein Knirschen bei Bewegungen Ihres Knies?
niemals immer
-
12. Haben Sie Schwierigkeiten, eine Drehbewegungen mit dem verletzten Knie auszuführen?
niemals immer
-
13. Haben Sie aufgrund Ihrer Kniebeschwerden Schwierigkeiten beim Tragen schwerer Lasten?
kein Problem nicht möglich
nicht versucht
-
14. Haben Sie Probleme beim Treppenhinaufsteigen?
kein Problem nicht möglich
nicht versucht
-
15. Haben Sie Probleme beim Treppenhinuntersteigen?
kein Problem nicht möglich
nicht versucht
-
16. Haben Sie Probleme beim Joggen?
kein Problem nicht möglich
nicht versucht
-
17. Haben Sie Probleme beim Abstoppen während Sie laufen oder joggen?
kein Problem nicht möglich
nicht versucht
-
18. Haben Sie wegen Ihres Kniegelenkes Probleme bei plötzlichem
kein Problem nicht möglich
nicht versucht
-
19. Haben Sie Probleme beim Springen?
kein Problem nicht möglich
nicht versucht
-

20. Haben Sie aufgrund Ihres Kniegelenkes Schwierigkeiten, an Wettkampfsportarten teilzunehmen?

kein Problem nicht möglich
nicht versucht

21. Haben Sie nächtliche Schmerzen?

keine stark

22. Haben Sie Probleme beim Knien?

kein Problem nicht möglich
nicht versucht

23. Haben Sie Probleme, wenn Sie in die Hocke gehen?

kein Problem nicht möglich
nicht versucht

24. Haben Sie Probleme, in ein Auto einzusteigen oder auszusteigen?

kein Problem nicht möglich

25. Schmerzt Ihr Knie beim Sitzen?

niemals immer

26. Haben Sie Probleme beim Hinsetzen oder Aufstehen von einem Stuhl?

kein Problem nicht möglich

27. Verspüren Sie eine gewisse Steife oder Unbehagen im Knie, wenn Sie anfangen zu gehen?

niemals immer

28. Haben Sie aufgrund Ihrer Kniebeschwerden Probleme, sich im Bett umzudrehen?

kein Problem nicht möglich

Abb. 39: Validierter Fragebogen über Kniebeschwerden [86]

3. Fragen zur subjektiven Beurteilung des Gesamtgesundheitszustandes und Aktivitäts-Score nach Tegner:

Abschlussfrage:

Wie beurteilen Sie eine mögliche Einschränkung Ihres Gesamt-Gesundheitszustandes durch Ihr zu operierendes Kniegelenk?

best vorstellbarer Gesundheitszustand

schlechtester vorstellbarer Gesundheitszustand

Aktivitäts-Score nach Tegner:

Bitte markieren Sie den auf Sie momentan zutreffenden Aktivitätsbereich in der unten aufgeführten Liste!

Wettkampfsportler:

- | | | |
|----|--------------------------|--|
| 10 | <input type="checkbox"/> | Fußballbundesliga, Oberliga |
| 9 | <input type="checkbox"/> | Fußball untere Ligen, Eishockey, Ringen, Turnen |
| 8 | <input type="checkbox"/> | Squash/Badminton, Leichtathletik (Springen), alpiner Skilauf |
| 7 | <input type="checkbox"/> | Tennis, Leichtathletik (Laufen), Motocross/Speedway, Handball/Basketball |

Freizeitsportler:

- | | | |
|---|--------------------------|---|
| 7 | <input type="checkbox"/> | Fußball/Eishockey, Squash, Leichtathletik (Laufen), Orientierungslauf |
| 6 | <input type="checkbox"/> | Tennis/Badminton, Handball/Basketball, alpiner Skilauf, Joggen (>5x/ Woche) |

Alltagsbelastung:

- | | | |
|---|--------------------------|---|
| 5 | <input type="checkbox"/> | schwere körperliche Arbeit, Wettkampfsport: Radfahren, Skilanglauf; Breitensport: Joggen (>2x/ Woche) |
| 4 | <input type="checkbox"/> | mäßige körperliche Arbeit, Freizeitsport: Radfahren, Skilanglauf, Jogging |
| 3 | <input type="checkbox"/> | leichte körperliche Arbeit, Wettkampf- oder Freizeitsport: Schwimmen |
| 2 | <input type="checkbox"/> | leichte Arbeit, Gehen auf unebenem Boden |
| 1 | <input type="checkbox"/> | sitzende Tätigkeit, Gehen auf ebenem Boden |
| 0 | <input type="checkbox"/> | Arbeitsunfähigkeit aufgrund von Knieproblemen, Gehhilfen |

- Wettkampfsportler (7-10 je nach Sportart)
- Freizeitsportler (3-7 je nach Sportart)
- falls kein Sport: Grad der Arbeits- oder Alltagsbelastung (1-5 je nach Aktivität)

Abb. 40 : Abschließende Beurteilung des eigenen Gesundheitszustandes und Aktivitäts-Score nach Tegner [131]

8 Danksagung

Für diese Dissertation schulde ich vielen Menschen einen herzlichen Dank. Zuerst möchte ich mich bei meinem Doktorvater Priv.-Doz. Dr. med. Thomas Barthel sowie bei Dr. med. Sascha Göbel für die sehr gute Betreuung und die Bereitstellung des Themas bedanken.

Weiterhin möchte ich mich bei Dr. med. Fabian Gilbert bedanken, der mit seinen Ratschlägen entscheidend zum Gelingen der Arbeit beigetragen hat.

Auch Herrn M.Sc. Benjamin Merget, der mir mit seinem Rat stets zur Seite stand bin ich zu großem Dank verpflichtet.

Herrn Prof. Dr. med. Maximilian Rudert danke ich für die Möglichkeit, diese Arbeit in seiner Klinik durchführen zu können.

9 Tabellarischer Lebenslauf

Persönliche Daten

Familienstand	verheiratet
Geburtstag, -ort	14. Oktober 1986, Erlenbach am Main
Staatsangehörigkeit	deutsch

Ausbildung

1993 - 1997	Grundschule Haibach
1997 - 2006	Kronberg-Gymnasium Aschaffenburg
Mai 2006	Abitur am Kronberg-Gymnasium Aschaffenburg
Ab Oktober 2006	Studium der Humanmedizin an der Universität Würzburg
März 2009	Erster Abschnitt der ärztlichen Prüfung
Mai 2013	Zweiter Abschnitt der ärztlichen Prüfung
Juni 2013	Approbation als Arzt

Beruf

seit Oktober 2013	Assistenzarzt der Klinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie des Universitäts- klinikums Frankfurt
-------------------	---

Ort, Datum, Unterschrift