

Aus der Klinik für Unfallchirurgie und Orthopädie
Abteilung für Unfallchirurgie, Plastische- und Wiederherstellungschirurgie
(Prof. Dr. med. K. M. Stürmer)
der Medizinischen Fakultät der Universität Göttingen

**Klinische Ergebnisse der medialen Raffung und der MPFL-Plastik zur
Therapie der Patellaluxation unter Berücksichtigung
individueller prädisponierender Risikofaktoren**

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizinischen Fakultät der
Georg-August-Universität zu Göttingen

vorgelegt von
Stephanie Hopfensitz
aus Reutlingen

Göttingen 2016

Dekan:	Prof. Dr. rer. nat. H. K. Kroemer
Referent/in	PD Dr. med. P. Balcarek
Ko-Referent/in:	Prof. Dr. Hans-Michael Klinger
Drittreferent/in:	Prof. Dr. Margarete Schön

Datum der mündlichen Prüfung: 19. Oktober 2016

Hiermit erkläre ich, die Dissertation mit dem Titel "Klinische Ergebnisse der medialen Raffung und der MPFL-Plastik zur Therapie der Patellaluxation unter Berücksichtigung individueller prädisponierender Risikofaktoren" eigenständig angefertigt und keine anderen als die von mir angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet zu haben.

Göttingen, den

.....
Stephanie Hopfensitz

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	1
1.1 Der Begriff der Patellaluxation – eine Einordnung.....	1
1.2 Inzidenz, Geschlechterverteilung und Patienten Klientel.....	1
1.3 Anatomie und Biomechanik.....	2
1.4 Mechanismus der lateralen Luxation und deren Folgen	5
1.5 Risikofaktoren.....	6
1.5.1 Hauptfaktoren	6
1.5.1.1 Trochleadysplasie.....	7
1.5.1.2 Patella alta	8
1.5.1.3 Patella-tilt	9
1.5.1.4 TT-TG-Abstand.....	10
1.5.1.5 Familiäre Vorbelastung	11
1.5.2 Nebenfaktoren.....	11
1.6 Diagnostik und klinische Untersuchung.....	12
1.7 Die Bedeutung des medialen patellofemorale Ligaments (MPFL) und grundlegende Überlegungen zu dessen Rekonstruktion	12
1.9 Aktuelle Aspekte und Zielsetzung der Arbeit	15
2 Material und Methoden	17
2.1 Festlegung des Patientenkollektivs.....	17
2.2 Dokumentation der patientenspezifischen Daten	18
2.3 Risikofaktoren.....	18
2.4 Dokumentation der subjektiven Kriterien	19
2.4.1 Kujala-Score	19
2.4.2 Lysholm- & Gillquist-Score	20
2.4.3 Tegner-Aktivitätsscore	20
2.5 Das Prinzip der operativen Versorgung beider untersuchter Methoden.....	21
2.6 Statistische Auswertung	22
2.7 Literaturrecherche	22
3 Ergebnisse	24
3.1 Patientenkollektiv	24
3.1.1 Reluxation.....	25

3.1.2	Risikofaktoren.....	26
3.2	Patella Instability Severity Score und Reluxationsrisiko	27
3.3	Ergebnisse der subjektiven Kriterien.....	28
3.3.1	Ergebnisse des Kujala-Scores.....	28
3.3.2	Ergebnisse des Lysholm- & Gillquist-Scores.....	30
3.3.3	Ergebnisse des Tegner-Aktivitätsscores	32
3.4	Einfluss vorliegender Risikofaktoren auf das postoperative Outcome.....	35
3.4.1	Einfluss des TT-TG Abstands	35
3.4.2	Einfluss der Trochleadysplasie	35
3.4.3	Zusammenhang zwischen Patella Instability Severity Score und postoperativem Ergebnis.....	36
4	Diskussion.....	37
4.1	Diskussion der verschiedenen Operationsmethoden	38
4.2	Diskussion von Material und Methode.....	42
4.3	Diskussion der Ergebnisse.....	43
4.4	Limitationen der vorliegenden Studie.....	46
4.5	Schlussfolgerung und abschließende Zusammenfassung.....	46
Anhang	48
Literaturverzeichnis	52

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Knöcherner, muskulärer und ligamentärer Stabilisierung der Patella in Abhängigkeit vom Beugegrad.....	4
Abbildung 2: Lage des MPFL.....	5
Abbildung 3: Computertomographisches Bild einer Trochleadysplasie.....	7
Abbildung 4: Crossing sign und double contour sign.....	7
Abbildung 5: Formen der Trochleadysplasie nach Déjour.....	8
Abbildung 6: Darstellung der verschiedenen Indices zur Bestimmung der Patellahöhe.....	9
Abbildung 7: Bestimmung des patellaren Tilts.....	10
Abbildung 8: Bestimmung des TT-TG-Abstands.....	11
Abbildung 9: Benötigte Kraft um die Patella nach lateral zu luxieren.....	13
Abbildung 10: Darstellung der vier verschiedenen Rekonstruktionstechniken nach Mountney et al.	14
Abbildung 11: Stärke des MPFL in Abhängigkeit von der angewandten Rekonstruktionsmethode.....	14
Abbildung 12: Femoraler Insertionspunkt des MPFL.....	14
Abbildung 13: Zusammenhang zwischen Erst- und Rezidivluxation.....	15
Abbildung 14: Patella Instability Severity Score nach Balcarek et al. 2014.....	19
Abbildung 15: Durchgeführte OP-Methode und Anzahl der Patienten in der jeweiligen Subgruppe.....	24
Abbildung 16: Vergleich prä- und postoperativer Ergebnisse des Kujala-Scores.....	29
Abbildung 17: Darstellung prä- und postoperativer Punktwerte für den Kujala-Score in Abhängigkeit von der durchgeführten OP-Methode.....	30
Abbildung 18: Vergleich prä- und postoperativer Ergebnisse des Lysholm- & Gillquist-Scores.....	31
Abbildung 19: Darstellung prä- und postoperativer Punktwerte für den Lysholm- & Gillquist-Score in Abhängigkeit von der durchgeführten OP-Methode.....	32
Abbildung 20: Vergleich prä- und postoperativer Ergebnisse des Tegner-Aktivitätsscores.....	33
Abbildung 21: Vergleich der prä- und postoperativen Werte des Tegner-Aktivitätsscores in Abhängigkeit von der durchgeführten OP-Methode.....	34
Abbildung 22: Im Patientenkollektiv vorliegende Dysplasieformen nach Déjour.....	36

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Darstellung der epidemiologischen Faktoren für die beiden operativen Gruppen	25
Tabelle 2: Anzahl der präoperativen Luxationen	26
Tabelle 3: Charakteristika der Patienten mit postoperativer Reluxation.....	26
Tabelle 4: Übersicht der Risikofaktoren in den OP-Gruppen	27
Tabelle 5: Odds Ratio der beiden untersuchten Gruppen	27
Tabelle 6: Vergleich prä- und postoperativer Mittelwerte für den Kujala-Score	28
Tabelle 7: Vergleich prä- und postoperativer Ergebnisse des Kujala-Scores für beide OP-Methoden	29
Tabelle 8: Signifikanzniveau der Interaktion zwischen OP-Methode und Ergebnis des Kujala-Scores.....	29
Tabelle 9: Vergleich prä- und postoperativer Mittelwerte für den Lysholm- & Gillquist-Score	30
Tabelle 10: Vergleich prä- und postoperativer Ergebnisse beider OP-Methoden für den Lysholm- & Gillquist-Score	31
Tabelle 11: Signifikanzniveau der Interaktion zwischen OP-Methode und Ergebnis des Lysholm- & Gillquist-Scores.....	32
Tabelle 12: Vergleich prä- und postoperativer Mittelwerte für den Tegner-Aktivitätsscore	33
Tabelle 13: Signifikanzniveau der Interaktion zwischen OP-Methode und Ergebnis des Tegner-Aktivitätsscores	33
Tabelle 14: Vergleich prä- und postoperativer Ergebnisse beider OP-Methoden für den Tegner-Aktivitätsscore	34
Tabelle 15: TT-TG Abstand im untersuchten Kollektiv	35
Tabelle 16: Interaktion von OP-Methode, postoperativem Score-Ergebnis und TT-TG Abstand	35
Tabelle 17: Dysplasieformen nach OP-Methode getrennt	36
Tabelle 18: Zusammenhang zwischen Trochleadysplasie und Score-Ergebnis.....	36
Tabelle 19: Zusammenhang zwischen Patella Instability Severity Score, OP-Methode und postoperativem outcome	36

1 Einleitung

In den letzten Jahren ist das Thema der Patellaluxation und deren Therapie zunehmend in den Fokus der Aufmerksamkeit gerückt. Nicht zuletzt deshalb, weil sie eine der häufigsten traumatischen Knieverletzungen unter sportlich aktiven Kindern und Jugendlichen darstellt (Balcarek und Frosch 2012, Balcarek et al. 2010b). Verschiedenste operative Techniken, darunter das mittlerweile obsoleete *lateral release* – oftmals kombiniert mit einer medialen Raffung/ Dopplung – die Medialisierung der Tuberositas tibiae und in den letzten 8 Jahren auch immer mehr die Augmentation bzw. Refixation des medialen patellofemorales Ligaments (MPFL) mit Hilfe autologer Sehnentransplantate des M. gracilis und des M. semitendinosus stehen dabei zur Verfügung. Die Bedeutung der verschiedenen operativen Verfahren unter Berücksichtigung der jeweils zu Grunde liegenden Pathologie steht hierbei nach wie vor zur Diskussion.

1.1 Der Begriff der Patellaluxation – eine Einordnung

Die Patellaluxation gehört zu dem Symptomkomplex der patellofemorales Instabilität. Dieser Begriff fasst sowohl die Subluxation als auch die komplette Luxation der Patella, des größten Sesambeins des menschlichen Körpers, zusammen (Aglietti 2001). Aus Gründen der Übersichtlichkeit und Relevanz des hier zu behandelnden Themas wird im Folgenden nur noch die laterale Patellaluxation Beachtung finden.

1.2 Inzidenz, Geschlechterverteilung und Patientenklientel

Die laterale Patellaluxation ist ein schmerzhaftes Ereignis, welches vorwiegend sportlich aktive Kinder und Jugendliche betrifft. Aber auch sportlich aktive Erwachsene sind davon nicht ausgenommen. Dabei gibt es deutliche Unterschiede in den Verletzungsmechanismen sowie Sportarten, die zu einer Patellaluxation führen können. Die Spannweite reicht von Hochrasanztraumen bei den Wintersportarten, wie z.B. alpines Skifahren, über Kontakt- und Ballsportarten, wie Fußball oder Basketball, bis hin zu Bagatelltraumen beim Gehen in unebenem Gelände oder Radfahren. Hinter letzteren steht kein adäquates Trauma, also muss davon ausgegangen werden, dass es bestimmte prädisponierende Faktoren gibt, die auch bei geringer Krafteinwirkung für eine Luxation nach lateral verantwortlich sind. In diesem Zusammenhang ist die leicht erhöhte Inzidenz der lateralen Patellaluxation des weiblichen Geschlechts (weiblich/ männlich 53%/ 47%) zu nennen, die unter anderem durch die stärkere Ausprägung bestimmter Risikofaktoren zu erklären und dafür verantwortlich ist, dass bereits

Sportarten mit geringem Verletzungsrisiko zu einer Patellaluxation führen können (Balcarek und Frosch 2012).

Hierfür spricht auch der Vergleich der Ursachen zwischen den Geschlechtern. Sind es bei den männlichen Patienten so genannte *high-risk-pivoting*-Sportarten, zu denen sämtliche Kontaktsportarten zählen, die zu einer lateralen Luxation führen, können bei den weiblichen die *low-/ no-risk-pivoting*-Sportarten, wie Joggen, Wandern oder auch Tanzen vermehrt ausgemacht werden (Balcarek und Frosch 2012). Eine genaue Aufschlüsselung der Risikofaktoren wird im weiteren Verlauf des Kapitels vorgenommen.

Insgesamt macht die laterale Patellaluxation je nach Studienlage mit einer Inzidenz von 2,3 bis 5,8 pro 100.000 ca. 2-3% aller Knieverletzungen aus (Arendt et al. 2002, Waterman et al. 2012), und ist zweithäufigste Ursache eines Hämarthros des Kniegelenks (Arendt et al. 2002). Nach stattgehabtem Ereignis klagen 30-50% der Patienten über Instabilitätsgefühle im betroffenen Kniegelenk oder entwickeln ein vorderes Knieschmerzsyndrom (Hawkins et al. 1986). Nur etwas mehr als zwei Drittel der Patienten (69%) betreiben nach ausgeheilter Verletzung wieder Sport – allerdings auf deutlich niedrigerem Niveau als zuvor (Atkin et al. 2000).

Des Weiteren ist die laterale Patellaluxation für 11% aller muskuloskelettalen Symptome, die in orthopädischen Praxen gesehen werden, verantwortlich und gehört mit einer Inzidenz von 16-25% zu den häufigsten Läuferverletzungen (Kasim und Fulkerson 2000). Der Häufigkeitsgipfel der Verletzung liegt im Alter zwischen 10-17 Jahren bei einer wie bereits oben erwähnten nahezu ausgeglichenen Geschlechterverteilung.

Fithian et al. konnten in einer Studie herausarbeiten, dass das Risiko einer Rezidivluxation unter jungen Frauen/ Mädchen, die bereits eine traumatische Erstluxation erlitten hatten und in ihrer Anamnese vorangegangene Episoden patellofemorale Instabilität aufwiesen, um ein Drittel höher war als in der männlichen Vergleichsgruppe (Fithian et al. 2004).

In Zusammenschau der aktuellen verfügbaren Literatur ist die Rate an lateralen Patellaluxationen und Reluxationen bei jungen Frauen/ Mädchen im Vergleich zu jungen Männern allerdings nur geringfügig höher. Die Ursache hierfür liegt in den stärker ausgeprägten Pathoanatomien in der Gruppe junger Frauen/ Mädchen (Balcarek et al. 2010b).

1.3 Anatomie und Biomechanik

Das Kniegelenk ist das komplexeste Gelenk des menschlichen Körpers. Aufgrund seiner Anatomie ist es auch das Gelenk, welches am häufigsten von Verletzungen betroffen ist. Erklärungen dafür sind in verschiedenen Merkmalen zu finden:

Das Kniegelenk verbindet die beiden längsten Hebelarme des Körpers miteinander. Zusätzlich liegt eine im Vergleich zum Hüftgelenk relativ geringe Weichteildeckung vor und die miteinander artikulierenden Gelenkkörper weisen eine inkongruente Passform auf.

Beim Kniegelenk handelt es sich um ein aus mehreren Teilgelenken zusammengesetztes Gelenk. An der Artikulation beteiligt sind das distale Femur, die proximale Tibia sowie die Patella. Unterschieden werden das Femoropatellargelenk, bestehend aus der Patella und der Facies articularis des Femur, und das Femorotibialgelenk, bei dem die medialen und lateralen Femurkondylen und das Tibiaplateau miteinander artikulieren. Funktionell gesehen handelt es sich beim Kniegelenk um einen Trochoginglymus, ein Drehscharniergelenk. Dabei verläuft die Extensions-/ Flexionsachse nahezu frontal durch die beiden Femurkondylen. Bei Flexion im Kniegelenk kommt es nun nicht nur zum Drehen der Femurkondylen auf dem Tibiaplateau, sondern zusätzlich rollen diese nach hinten ab, was zu einer stetigen Abnahme der Kontaktfläche für die Interaktion der beiden Gelenkkörper mit zunehmender Flexion führt. Parallel dazu gleitet die Patella während der Beugung in ihrem Gleitlager circa 6 cm nach kaudal. Man spricht im Zusammenhang von Patella und ihrem knöchernen Gleitlager in der Trochlea des distalen Femur auch von der patellofemorale Einheit.

Die Patella selbst erfüllt die Funktion eines Sesambeins (*Os sesamoideum*). Eingebettet in die Sehne des *M. quadriceps femoris* vergrößert sie den Hebelarm des Muskels, bietet Schutz für das Kniegelenk und spielt eine wichtige Rolle in der Erhaltung der Integrität des Gelenks.

Bei Geburt ist die Patella knorpelig angelegt und vorgebildet. Im Laufe der frühen Kindheit kommt es zur multizentrischen Ossifikation, bis das Sesambein schließlich vollständig verknöchert ist (White und Sherman 2009). Übrig bleibt an der posterioren Fläche eine circa 6-7 mm dicke Knorpelschicht, welche die dickste im gesamten Körper darstellt.

Anatomisch lassen sich an der Patella neun verschiedene Facetten unterscheiden. Der Einfachheit halber wird hier die Aufteilung in eine mediale und laterale Facette, welche durch eine zentrale Erhöhung (Patella-First) voneinander getrennt sind, gewählt. Die laterale Facette ist länger und abgeschrägter als die mediale, um sich optimal an den lateralen Femurkondylus anlegen zu können.

Mit zunehmender Knieflexion artikuliert die Patella mit der Trochleagrube, welche sich ventral zwischen den beiden Femurkondylen befindet. Der laterale Femurkondylus - und damit auch die knöchernen Trochleagrube - bilden dabei die wichtigste Beschränkung bezüglich einer lateralen Translation der Patella, sobald diese in die Trochlea eingetaucht ist (Amis et al. 2006). Die Interaktion der beiden beteiligten Gelenkpartner beginnt bei einer

Flexion von circa 20-30°. Je nach Flexionsgrad können die im Gelenk herrschenden Kräfte bei alltäglichen Aktivitäten das Zwei- bis Fünffache des Körpergewichts erreichen. Maximale Beugung kann sogar zur Versieben- oder Verachtfachung führen (White und Sherman 2009). Den wichtigsten Teil muskulärer Stabilisierung bis zum Eintauchen der Patella in ihr knöchernes Gleitlager trägt der M. vastus medialis obliquus (VMO) bei. Er erfüllt die Funktion eines medialen dynamischen Stabilisators hinsichtlich einer lateralen Patellaluxation mit einer Hauptaktivität zwischen 0 und 30°- Flexion. Zwischen höheren Beugegraden von 30-90° übernimmt diese Aufgabe der M. vastus lateralis (White und Sherman 2009).

Die patellofemorale Bänder und Retinaculæ, beispielsweise das Ligamentum patellae (Fortsetzung der Ansatzsehne des M. quadriceps femoris pars rectus femoris zwischen Patella und Tuberositas tibiae) sowie die Retinaculæ patellae laterale und mediale als Fortsetzung der Mm. vastus lateralis und medialis, tragen ihrerseits den Hauptteil zur Stabilisierung des Teilgelenks zwischen kompletter Extension und 30°- Flexion bei. Während dieser Phase der Bewegungsausführung (0-30°) obliegt die Stabilisierung der patellaren Führung allein der Weichteilhemmung. Somit lassen sich 2 verschiedene Phasen der Beugung mit entsprechenden unterschiedlichen Stabilisatoren festhalten (vgl. Abb. 1):

1. Zwischen kompletter Extension und 30°- Beugung tragen Retinacula und insbesondere das MPFL sowie der M. vastus medialis obliquus die Hauptverantwortung für die Stabilität im Patellofemoralgelenk.
2. Ab 30°- Flexion taucht die Patella in ihr knöchernes Gleitlager und liegt in der sicheren Führung der femoralen Trochlea und wird zwischen 30-90°- Flexion zusätzlich durch den M. vastus lateralis obliquus stabilisiert (Amis et al. 2006, Senavongse und Amis 2005).

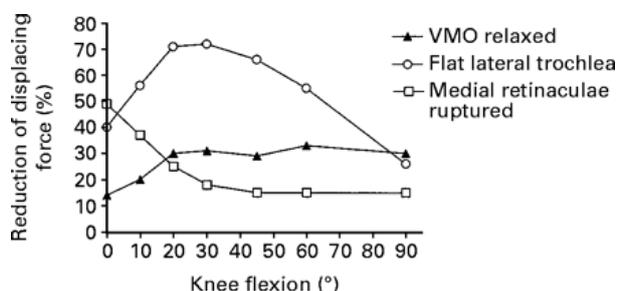


Abbildung 1: Knöcherne, muskuläre und ligamentäre Stabilisierung der Patella in Abhängigkeit vom Beugegrad (aus: Senavongse und Amis 2005)

Im medialen Anteil des Kniegelenks lassen sich sonografisch 3 deutlich abgrenzbare Weichteilschichten unterscheiden. Dabei stellt die zweite Schicht die wichtigste dar, welche das mediale patellofemorale Ligament (MPFL) beinhaltet.

Es wird angenommen, dass das MPFL die hauptsächliche passive Beschränkung bezüglich der lateralen patellaren Translation darstellt. Es kompensiert 50-60% der Kräfte, die für eine Dislokation nach lateral notwendig sind. Uhrglasförmig ausgebildet und mit einer durchschnittlichen Breite von 13 mm und Länge von 53 mm nimmt es seinen Ursprung zwischen dem Tuberculum adductorium und dem medialen Epicondylus femoris und inseriert an den oberen 2/3 der medialen Patellakante (Amis et al. 2003 und Abb. 2). Ebenso von funktioneller Bedeutung ist die Tatsache, dass die tiefe Faszie des M. vastus medialis obliquus mit dem MPFL verwachsen ist und damit einen synergistischen Effekt für die mediale Stabilisierung darzustellen scheint. Anatomische Studien zeigten, dass das MPFL als Doppelbündel angelegt ist (Amis et al. 2003). In der Extensionsstellung ist der proximale Anteil des MPFL gespannt, wohingegen mit zunehmender Flexion der distale Anteil angespannt wird. Dieses Wechselspiel ist für die physiologische Rotation und Medialisierung der Patella in höheren Flexionsgraden essentiell.

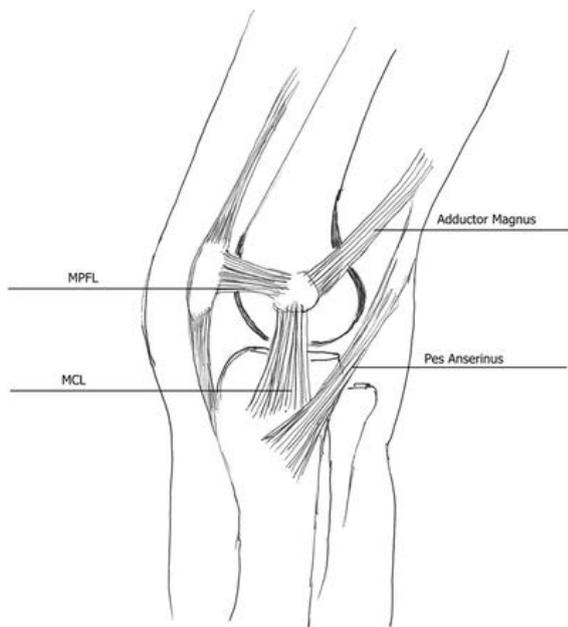


Abbildung 2: Lage des MPFL (MCL= mediales Kollateralband) (aus: Hennrikus und Pylawka 2013)

1.4 Mechanismus der lateralen Luxation und deren Folgen

Letztlich ist der auslösende Mechanismus der lateralen Patellaluxation ein Missverhältnis zwischen aktiven, passiven und statischen Stabilisatoren und den einwirkenden Kräften auf das Patellofemoralgelenk bei Bewegung. Hinzu kommt eine Reihe anatomischer Varianten, die das empfindliche Gleichgewicht der Patellaführung in ihrem Gleitlager stören.

Allgemein wird zwischen akuten und chronischen Formen der Instabilität unterschieden. Unter einem akuten Ereignis ist eine erstmalige, in manchen Fällen traumatische Luxation nach lateral zu verstehen. Als chronisch hingegen bezeichnet man rezidivierende

posttraumatische Luxationen. Luxationen ohne adäquates Trauma aufgrund vorliegender anatomischer Prädispositionen können sowohl chronisch als auch akute Ereignisse sein (vgl. Kap. 1.5).

Mediale Luxationen sind extrem selten und meist iatrogen bedingt (White und Sherman 2009). Sie sollen hier nicht weiter erwähnt werden, es sei nur darauf hingewiesen, dass diese Form der Instabilität und Luxation ebenfalls existiert.

Bei den Langzeitfolgen einer Patellaluxation werden in der Literatur in 22% der Fälle vorwiegend degenerative Veränderungen sowie Arthroseraten von 35% bei persistierender chronischer Instabilität beschrieben (Maenpaa und Lehto 1997).

Die Autorin der vorliegenden Arbeit vermutet die Ursache hierfür in den unterschiedlichen Unfallmechanismen mit unterschiedlich starker Krafteinwirkung, den divergierenden prädisponierenden Risikofaktoren sowie variierenden Verletzungsmustern und – lokalisationen.

1.5 Risikofaktoren

Wie bereits in den vorangegangenen Abschnitten erwähnt, lässt sich eine Vielzahl prädisponierender Faktoren ausmachen, die bei alleinigem Auftreten und milder Ausprägung die Lateralisierungstendenz der Patella erhöhen, aber noch nicht zwangsläufig zur Luxation führen müssen. Summieren sich allerdings mehrere Risikofaktoren oder ist einer in besonders starker Ausprägung vorhanden, steigt das Risiko einer Erstluxation und unter Umständen rezidivierender Luxationen durch Bagateltraumen erheblich (Balcarek und Frosch 2012). In diesem Kapitel soll eine kurze Systematik bekannter prädisponierender Faktoren vorgestellt werden, um die vielfältigen und möglichen Störungsvariablen des empfindlichen Gleichgewichts einer reibungslosen Artikulation der patellofemorale Einheit aufzuzeigen. Hierbei wird auf die Systematik von Déjour zurückgegriffen (Dejour et al. 1994), die zwischen Haupt- und Nebenfaktoren unterscheidet.

1.5.1 Hauptfaktoren

Zu den Hauptfaktoren zählen die Trochleadysplasie, die Patella alta, der patellare Tilt sowie ein vergrößerter *Tibial Tuberosity-Trochlear Groove* – Abstand (Tuberositas tibiae - Trochleagraben Abstand = TT-TG) und die familiäre Vorbelastung. Eine Erklärung der genannten Faktoren folgt in den nächsten Unterkapiteln.

1.5.1.1 Trochleadysplasie

Die Trochleadysplasie ist mit einer Häufigkeit von 85-96% der entscheidende Risikofaktor einer lateralen Patellaluxation (Arendt et al. 2002, Dejour et al. 1994, Palmu et al. 2008). Charakteristisch ist eine abgeflachte, nach medial verlagerte Trochlea aufgrund eines hypoplastisch angelegten medialen Femurkondylus. Der laterale Femurkondylus kann dabei durchaus normal geformt sein. Durch die Hypoplasie des medialen Trochleaanteils vermindert sich der *lateral slope*¹ mit der Folge einer nicht nur verminderten Konkavität der Trochlea, sondern im Extremfall sogar einer konvexen Form, welche die Lateralisierungstendenz der Patella verstärkt (s. Abb. 3).

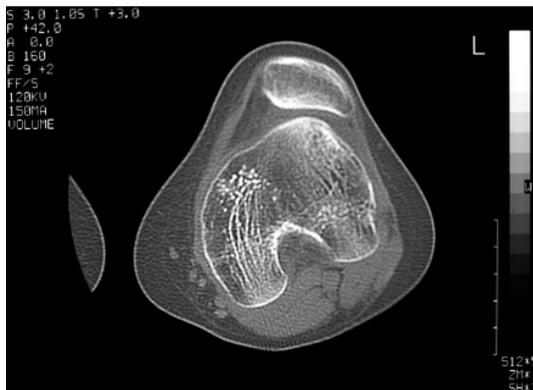


Abbildung 3: Computertomographisches Bild einer Trochleadysplasie mit einem Sulcuswinkel von 170° (aus: Horikawa et al. 2011)

Radiologisch lässt sich die Dysplasie durch eine streng seitliche Röntgenaufnahme des entsprechenden Kniegelenks anhand der sich übereinander projizierenden posterioren Kondylen objektivieren. Das Korrelat der Dysplasie wird in der Bildgebung auch als *Crossing Sign*² bezeichnet. Ein weiteres bildmorphologisches Zeichen ist das *double contour sign*³ (vgl. Abb. 4).



Abbildung 4: Crossing sign und double contour sign (aus: Dejour und Saggin 2010)

¹ Verminderte Steigung der lateralen Trochleaefacette (Schmeling 2010).

² Das *Crossing Sign* erlaubt die Beurteilung der Lage der Trochlea im Verhältnis zum lateralen Kondylus anhand eines streng seitlichen Röntgenbildes mit übereinander projizierten dorsalen Kondylen. Je weiter distal der Schnittpunkt liegt, desto höher der Schweregrad der Dysplasie (Dejour et al.1994).

³ "The double contour sign is a double line at the anterior aspect of the condyles and is present if the medial condyle is hypoplastic" (Diederichs et al. 2010).

Als Klassifikation hat sich hierbei die Einteilung nach Déjour etabliert, welche 4 Typen (A-D) unterscheidet (Dejour et al. 1994, vgl. Abb. 5)

Typ A: erhaltene Trochleamorphologie mit abgeflachtem Sulcus

Typ B: flache, horizontal orientierte Trochleagelenkfläche

Typ C: flache, schräg orientierte Trochleagelenkfläche mit Asymmetrie der Facette (konvexe laterale Facette und hypoplastische mediale Facette)

Typ D: asymmetrische Trochleafacetten mit prominenter Knochenausziehung nach frontal in der sagittalen Ebene

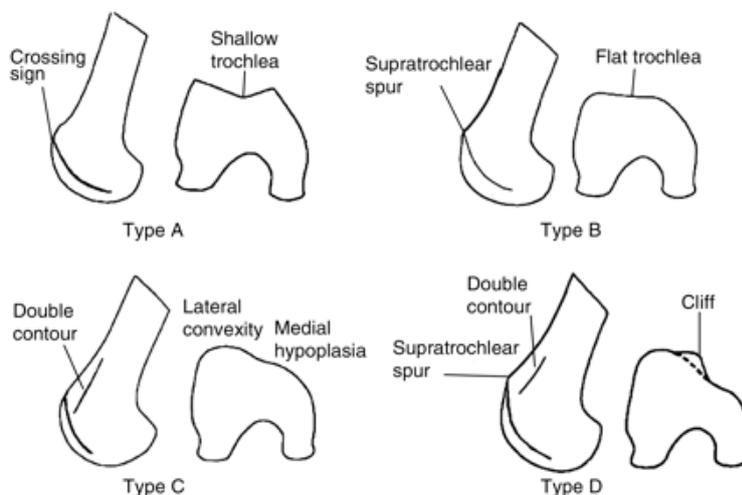


Abbildung 5: Formen der Trochleadysplasie nach Déjour (aus: Dejour und Saggin 2010)

1.5.1.2 Patella alta

Von Patella alta spricht man bei einem Hochstand (nach proximal verlagerte Position) der Patella, welcher entweder idiopathisch oder sekundär durch eine Ruptur der Patellasehne bedingt ist. Ein vorliegender Patellahochstand bedeutet gleichzeitig auch einen höheren Bewegungsumfang für die Patella, was wiederum in einem erhöhten Instabilitätsrisiko resultiert (White und Sherman 2009). Zwar besteht eine hohe Assoziation zwischen einer dysplastischen Trochleagrube und einer daraus resultierenden Patella alta, sie kann jedoch auch als eigenständiger Risikofaktor auftreten.

Die heutzutage gängigen Methoden eine Patella alta bzw. einen Patellahochstand zu berechnen, sind der Index nach Insall-Salvati, der Caton-Deschamp Index und der Blackburne-Peel Index (Phillips et al. 2010).

Beim Index nach Insall-Salvati wird der Quotient aus dem größten Längsdurchmesser und der Länge des Ligamentum patellae bestimmt. Als physiologisch gelten Werte von $1 \pm 0,2$. Jede höherwertige Abweichung ist als pathologisch anzusehen und weist auf eine abnorme Position

der Kniescheibe hin. Beträgt der Wert mehr als 1,2, so wird von einer Patella alta gesprochen.

In der Literatur wurde der Insall-Salvati Index oftmals aufgrund seiner hohen Fehlerrate kritisiert (Dandy 1996, Seil et al. 2000). Allerdings sind die Röntgenbilder mittlerweile so qualitativ hochwertig und erlauben eine genaue Bestimmung des Weichgewebes, dass die Patellasehne auch ohne Identifizierung des Tuberculum tibiae ausgemacht werden kann (Phillips et al. 2010).

Die beiden zuletzt genannten Indices stellen modifizierte Formen des Index nach Insall-Salvati dar. Die Berechnung und Unterschiede lassen sich aus Abbildung 6 entnehmen.

Die bis zum jetzigen Zeitpunkt jüngste und wohl genaueste Methode zur Bestimmung der Patellahöhe ist die von Biedert und Albrecht aus dem Jahre 2006. Hierfür werden – ermöglicht durch die Technik des MRT - Knorpelstrukturen als Orientierungspunkte genutzt und die Patellasehne in ein direktes Verhältnis zum Femur gesetzt. Dies ermöglicht eine von knöchernen Strukturen unabhängige Bestimmung des Patellahöhenstandes, was die Rate an Messfehlern reduzieren kann (Phillips et al. 2010).

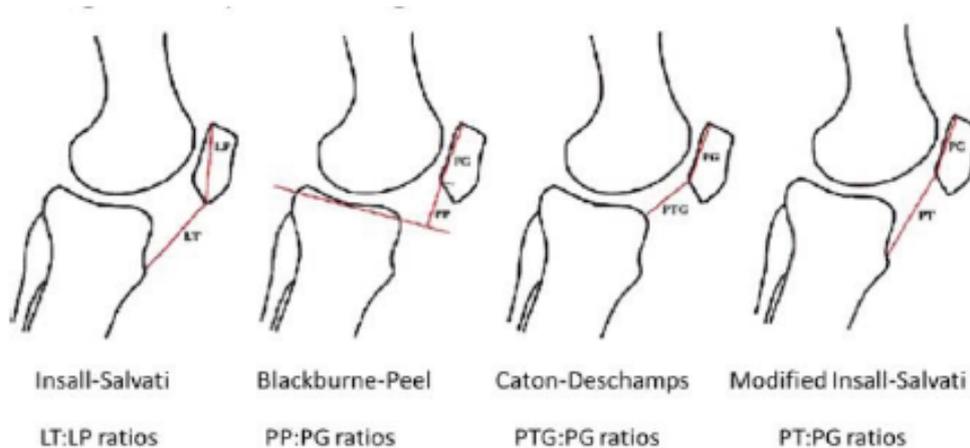


Abbildung 6: Darstellung der verschiedenen Indices zur Bestimmung der Patellahöhe (aus: Schiedel et al. 2009)

1.5.1.3 Patella-tilt

Hierbei wird die Patella in der axialen Ebene betrachtet. Anhand der transversalen Längsachse der Patella zur posterioren Kondylenebene kann die Kippung (tilt) nach mediolateral bestimmt werden (vgl. Abb. 7). Übersteigt der ermittelte Wert 20° kann dies als ein Korrelat zur Ausprägung der Trochleadysplasie gewertet werden und die Luxationstendenz verstärken (Dejour et al. 1994), denn die dysplastische Trochlea erlaubt es der Patella nicht, in ihr knöchernes Gleitlager einzutauchen. Der Patella-tilt ist somit - wie die Patella alta - als Folge der Trochleadysplasie und weniger als eigenständiger Risikofaktor zu sehen.

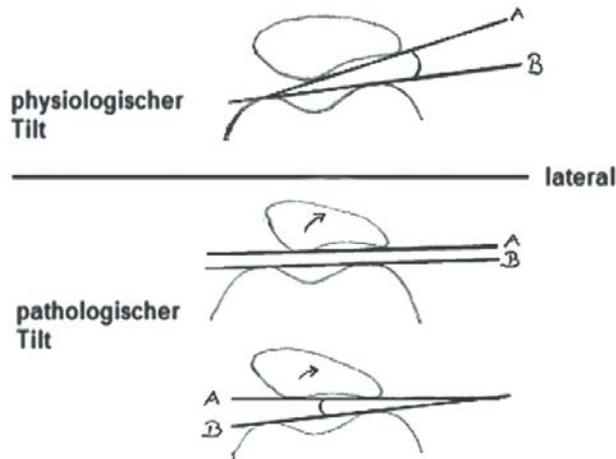


Abbildung 7: Bestimmung des patellaren Tilts (aus: Frosch et al. 2011)

1.5.1.4 TT-TG-Abstand

Der *Tibial Tuberosity - Trochlear Groove* (Tuberositas tibiae - Trochleagraben = TT-TG) - Abstand beschreibt die Differenz zwischen Sulcus trochleae und Tuberositas tibiae in zwei aufeinander projizierten axialen Schnittbildern. Er ist damit Ausdruck einer vermehrten Lateralisierungstendenz der Patella, da die Position der Tuberositas tibiae maßgeblich den auf die Patella einwirkenden muskulären Kraftvektor beeinflusst. Je weiter lateral die Tuberositas liegt, desto größer die Kraft, die die Patella während Flexion nach lateral zieht (Diederichs et al. 2010). Allerdings wird der TT-TG Abstand durch weitaus mehr Faktoren als nur eine lateralisierte Tuberositas tibiae beeinflusst. Eine dysplastische Trochleagrube sowie eine Antetorsion des Femurs können diesen ebenso vergrößern.

Die gängigste Methode der Bestimmung des TT-TG-Abstands ist die nach Schoettle et al. durch Überblendung zweier unterschiedlicher MRT-/ CT-Schichten. Hierbei wird im ersten Bild einer transversalen MRT- oder CT - Untersuchung, welches die komplette von Knorpel ausgekleidete proximale Trochlea zeigt, der tiefste Punkt des Trochleasulcus bestimmt. Dann wird durch diesen Punkt eine senkrechte Linie zur Tangente der hinteren Kondylenachse gezogen. Parallel zu dieser bestimmten Linie wird eine zweite Linie durch den vordersten Punkt der Tuberositas tibiae gezogen (vgl. Abb. 8). Der Abstand zwischen diesen beiden parallelen Linien repräsentiert den TT-TG-Abstand (Balcarek et al. 2010b). Als pathologisch gelten Werte von >16 mm, wobei die Angaben in der Literatur zwischen 15-20 mm schwanken (Dejour et al. 1994).

Heutzutage wird nahezu ausschließlich der TT-TG-Abstand aufgrund besserer Reproduzierbarkeit im Vergleich zum Q-Winkel⁴ bestimmt. Dieser beschreibt die lateral gerichtete Zugwirkung des M. quadriceps femoris in der Frontalebene (White und Sherman 2009). Als physiologisch gelten Werte von 10° bei Männern und 15° bei Frauen mit einer Toleranz von +/- 5°. Mit zunehmendem Q-Winkel nehmen also sowohl die Lateralisierungstendenz als auch der femorale Anpressdruck der Patella zu (Frosch et al. 2011).

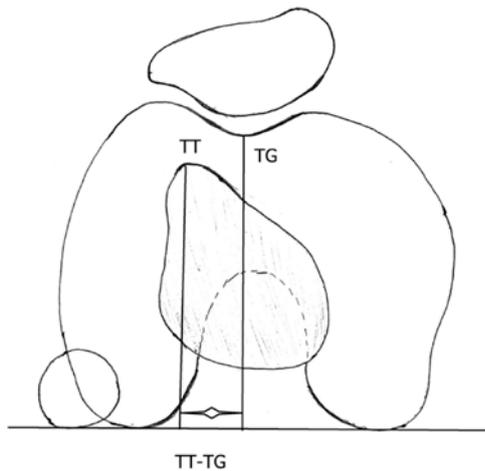


Abbildung 8: Bestimmung des TT-TG-Abstands (aus: Hennrikus und Pylawka 2013)

1.5.1.5 Familiäre Vorbelastung

Der Familienanamnese kommt in diesem Zusammenhang eine besondere Bedeutung zu. Die Tatsache, dass eine röntgenologisch diagnostizierte Trochleadysplasie in der Mehrzahl der Fälle bilateral auftritt, lässt den Rückschluss zu, dass es sich bei anatomischen Merkmalen wie der Trochleadysplasie um eine vererbare genetisch determinierte Morphologie handelt (Tardieu und Dupont 2001).

1.5.2 Nebenfaktoren

Die Nebenfaktoren umfassen eine erhöhte femorale Antetorsion und tibiale Außentorsion, das Genu valgum und das Genu recurvatum.

An dieser Stelle soll auf eine gesonderte umfangreiche Darstellung der Nebenfaktoren verzichtet werden, denn das Hauptaugenmerk der in der vorliegenden Arbeit beachteten Risikofaktoren liegt auf den oben geschilderten Faktoren.

⁴ Der Q-Winkel wird mittels einer imaginären Linie zwischen der Spina iliaca anterior superior, dem Patellamittelpunkt und der Tuberositas tibiae bestimmt. In Extension nimmt er den größten Wert an und bei pathologisch hohen Werten wird die Lateralisierungstendenz der Patella sowie der Anpressdruck verstärkt (Frosch et al. 2011).

1.6 Diagnostik und klinische Untersuchung

Das Erstereignis einer lateralen Patellaluxation ist zumeist mit akut einsetzendem Schmerz und einer Instabilität des betroffenen Kniegelenks verbunden. Damit einhergehend ist die Unfähigkeit, das betroffene Bein zu belasten. In den meisten Fällen kommt es zu einer spontanen Reposition der Patella, sodass bei unverzüglicher äußerlicher Inspektion keine Besonderheiten erkannt werden können. Nach kurzer Zeit stellt sich ein Hämarthros mit einer im Vergleich zur Gegenseite deutlich sichtbaren Schwellung des Kniegelenks ein.

Die Luxation ohne spontane Reposition erfordert eine fachgerechte Reposition der lateralisierten Patella unter angemessener Analgesie.

Zur Vervollständigung der klinischen Untersuchung umfasst diese die Prüfung des medialen und lateralen Bandapparats. Nicht vergessen werden dürfen in diesem Zusammenhang die Funktionsprüfung der Kreuzbänder sowie Menisken.

Um größere knöcherne Verletzungen auszuschließen, sollte in jedem Fall ein Röntgenbild des Kniegelenks in zwei Ebenen sowie eine tangentielle Patellaufnahme durchgeführt werden. Eine anschließende MRT-Untersuchung kann Knorpel-Knochen-Fragmente und pathognomonische Knochenmarksödeme (*bone bruise*⁵) an der medialen Patella und der lateralen Femurkondyle mit höherer Sensitivität detektieren und erlaubt eine genauere (Lokalisations-)Diagnostik verletzter Weichteilstrukturen. Werden Knochenfragmente detektiert, ist die Indikation zur Arthroskopie gegeben. Subluxationsstellung der Patella und relevante Zerreißung des medialen Kapsel-Bandapparates stellen ebenfalls eine relative Indikation zur primär operativen Versorgung dar (Balcarek und Frosch 2012).

1.7 Die Bedeutung des medialen patellofemorales Ligaments (MPFL) und grundlegende Überlegungen zu dessen Rekonstruktion

Nach der Beschreibung der anatomischen Lage des MPFL (vgl. Abb. 2) soll nun noch einmal die besondere Wichtigkeit dieser Struktur hervorgehoben werden. Allein die Tatsache, dass ca. 90% der Patienten mit einer lateralen Patellaluxation eine Ruptur des MPFL aufweisen (Balcarek und Frosch 2012), macht deutlich, dass diese Struktur bzw. deren Verletzung einen signifikanten Einfluss auf die Rezidivstabilität hat. In Studien konnten verschiedene

⁵ *Bone bruises* sind knöcherne Verletzungen, die mittels konventioneller Röntgenaufnahmen und Computertomographie nicht erkannt werden können. Sie lassen sich nur mittels Magnetresonanztomographie feststellen. Auf T1-gewichteten Aufnahmen sind sie als geografischer und nicht linearer Abschnitt mit Signalverlust des subkortikalen Knochens definiert. In T2-gewichteten Aufnahmen dagegen weisen diese Läsionen eine Signalsteigerung bei intaktem Gelenkknorpel auf (aus: Rangger et al. 2006).

Lokalisationen von Verletzungen beschrieben werden, am häufigsten aber traten Ausrisse an der medialen Patellafacette, interligamentäre (Teil-) Rupturen sowie Verletzungen am femoralen Ansatz auf (Balcarek et al. 2010a, Elias et al. 2002).

Eine kombinierte Ruptur von patellarem Ansatz und der Mitte des Ligaments konnte nicht festgestellt werden. Des Weiteren scheint die Ausprägung verschiedener Risikofaktoren keinen Einfluss auf eine Teil- oder Komplettuptur des MPFL zu haben, wohl aber auf die Rupturlokalisierung (Balcarek et al. 2010a). Dies ist nicht überraschend, verändert doch jede Pathologie den reibungslosen Ablauf im Gelenk und stört das Zusammenspiel der beteiligten Strukturen.

In weiteren Studien konnten die Kräfte ermittelt werden, welche das MPFL maximal kompensieren kann. Bei einer durchschnittlichen Krafteinwirkung von 208 N riss das MPFL (Amis et al. 2003). Des Weiteren konnte aufgezeigt werden, dass das MPFL 53% der Kräfte standhalten kann, die benötigt werden, um die Patella um 12,7 mm nach lateral zu verschieben (Conlan et al. 1993 und s. Abb. 9). Daher ist es der wichtigste passive Stabilisator der Patella in naher Streckstellung des Kniegelenks (Desio et al. 1998, Mountney et al. 2005).

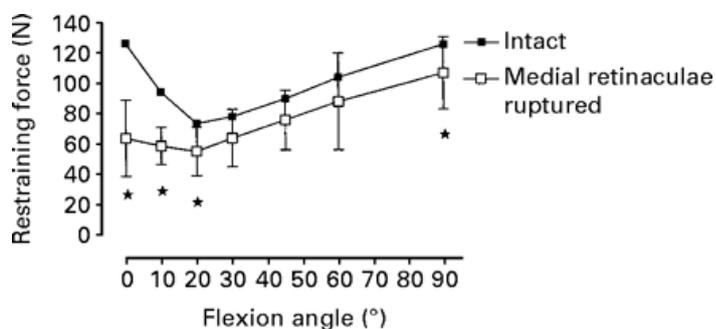


Abbildung 9: Benötigte Kraft um die Patella nach lateral zu luxieren – mit intakten und durchtrennten medialen Bandstrukturen (aus: Senavongse und Amis 2005)

In der Literatur sind zahlreiche verschiedene Methoden einer MPFL-Rekonstruktion beschrieben (Arendt et al. 2002, Deie et al. 2003, Nomura und Inoue 2003, Steensen et al. 2004). Die Rekonstruktion kann entweder durch Naht bzw. Raffung des Bandes selbst oder durch eine Verstärkung mittels autologem Transplantat erfolgen. Mountney et al. konnten in einer Studie zeigen, dass die einfache Naht des medialen patellofemorales Ligaments mit 37 N maximal tolerierbarer Krafteinwirkung signifikant schlechter ausfällt als mit zusätzlicher Befestigung (Mountney et al. 2005 und Abb. 10a-d sowie Abb. 11). Aufgrund der genannten biomechanischen Eigenschaften (extreme Stärke einer anatomisch sehr zart ausgeprägten Struktur) und der Komplexität der verschiedenen interagierenden Pathoanatomien wird mittlerweile eine alleinige Naht oder Refixation des MPFL nicht mehr empfohlen. (Mountney et al. 2005).

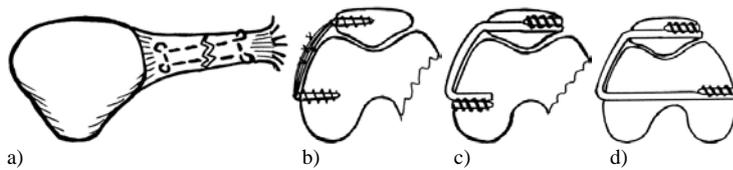


Abbildung 10: Darstellung der vier verschiedenen Rekonstruktionstechniken nach Moutney et al. (aus: Moutney et al. 2005)

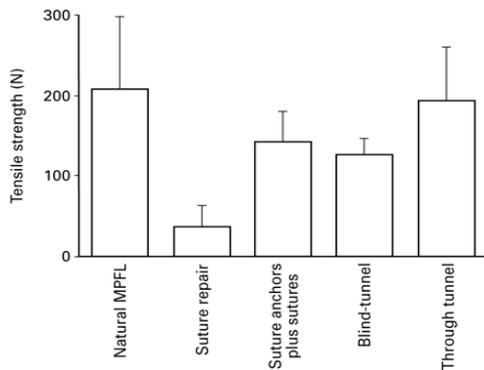


Abbildung 11: Stärke des MPFL in Abhängigkeit von der angewandten Rekonstruktionsmethode (aus: Moutney et al. 2005)

Als Voraussetzung für ein gutes *outcome* nennen Nomura et al. in ihrer Studie vor allem den korrekten Befestigungspunkt am Femur, den Verlauf des Ligaments und eine ausreichende Weichteildeckung. In der Literatur wird der als korrekt identifizierte Ansatz des MPFL zwischen Tuberculum adductorium femoris und dem Epicondylus medialis femoris beschrieben (Nomura und Inoue 2003 und vgl. Abb. 12). Studien konnten zeigen, dass bereits eine Abweichung von 5 mm vom anatomisch korrekten Insertionspunkt des MPFL zu signifikanten Veränderungen in der Länge des verwendeten Transplantats führt (Nomura und Inoue 2003).

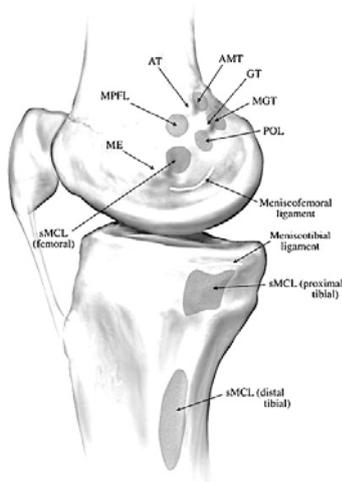


Abbildung 12: Femoraler Insertionspunkt des MPFL zwischen dem Tuberculum adductorium (AT) und dem Epicondylus medialis femoris (ME) (aus: LaPrade et al. 2007)

Des Weiteren berichten sie, dass eine durch Patellaluxation entstandene Insuffizienz oder Laxizität des MPFL den Hauptfaktor einer instabilen Patella sowohl nach akuter als auch rezidivierender Patellaluxation darstellt (vgl. Abb. 13). Ebenso signifikant ist die Berücksichtigung des Aspekts, dass das MPFL je nach Flexionsgrad durch den proximalen oder distalen Anteil des Doppelbündels stabilisierend auf die Patella wirkt und deren Rotation sowie Medialisierung während Bewegung kontrolliert.

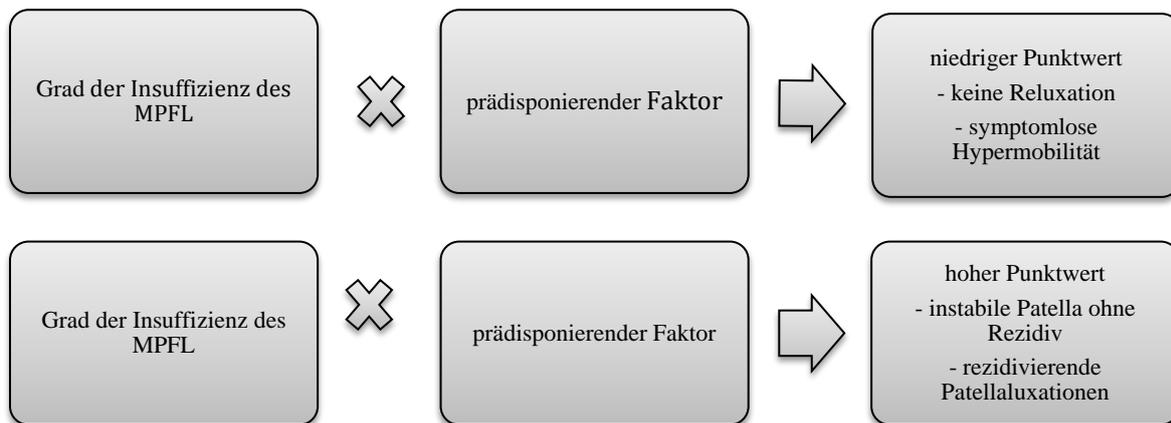


Abbildung 13: Zusammenhang zwischen Erst- und Rezidivluxation (nach Nomura und Inoue 2003)

1.9 Aktuelle Aspekte und Zielsetzung der Arbeit

Die bisherige Studienlage bezüglich klinischer Überlegenheit einzelner oder bestimmter Operationsmethoden ist unter Berücksichtigung der individuellen Gegebenheiten der Patienten nicht eindeutig (Smith et al. 2011). Das Risiko einer Relaxation nach stattgehabter traumatischer Patellaerstluxation liegt je nach Altersklasse zwischen 52 bis 60% (Alter <15 Jahre) (Buchner et al. 2005) und 26-33% (Alter: 15-18 Jahre) (Cash und Hughston 1988). Insgesamt beträgt die Relaxationsrate ca. 29% (Stefancin und Parker 2007). In Anbetracht der Tatsache, dass ein nicht unerheblicher Teil der Patienten nach dem Ereignis über chronische Instabilität mit rezidivierenden Luxationen oder gar auf lange Sicht über dauerhafte Funktionseinschränkungen klagt, ist es durchaus gerechtfertigt, dieser Verletzung ein höheres Maß an Aufmerksamkeit zu schenken und zu untersuchen, inwieweit die Therapie optimiert werden kann (Balcarek und Frosch 2012).

Buchner et al. kommen in ihrer vergleichenden Langzeitstudie zu folgendem Ergebnis: Trotz guter klinischer und subjektiver Ergebnisse und bei Ausschluss der prädisponierenden Risikofaktoren, bleibt die Relaxationsrate auf einem hohen Niveau. Bei Patienten mit akutem Erstereignis stellt die konservative Therapie nach Ausschluss einer Operationsindikation in den Augen der Autoren trotz allem eine gute Therapieoption dar (Buchner et al. 2005). Studien wie die von Drez et al. und Panni et al. konnten zeigen, dass die operative Versorgung der traumatischen akuten Erstluxation mittels MPFL-Rekonstruktion unter Beachtung

gewisser Grundsätze eine adäquate Möglichkeit darstellt, die Patienten suffizient zu behandeln und ihnen Schmerzfreiheit zu ermöglichen (Drez et al. 2001, Panni et al. 2013). Als ursächlich hierfür kann das in den letzten Jahren durch zahlreiche Kadaverstudien belegte verbesserte Verständnis über die Biomechanik des Kniegelenks und in diesem Zusammenhang die Rolle des MPFL angesehen werden. Die Operationsmethode erscheint auch deshalb so elegant, da sie unmittelbar die Schwachstelle des medialen Halteapparates in den Fokus rückt (Ma et al. 2013).

Somit stellen Verfahren, die die Rekonstruktion des MPFL adressieren, momentan die wichtigste Basistherapie auf diesem Gebiet dar. In der Literatur ist es die Technik mit den niedrigsten Reluxationsraten (Frosch et al. 2011), weist jedoch im Vergleich zur medialen Raffung ein erheblich höheres Komplikationsrisiko auf (Parikh et al. 2013). Die mediale Raffung ist eine technisch recht einfach durchführbare Methode mit niedrigem Komplikationsrisiko (Hinton und Sharma 2003, Vainionpaa et al. 1990), teilweise guten bis sehr guten Langzeitergebnissen (Boddula et al. 2014) aber heterogener Datenlage bezüglich der Reluxationsraten (Nikku et al. 1997). Insofern gilt es bei der Wahl der Operationsmethode Nutzen und Risiko genau abzuwägen.

Aufgrund dieser Kontroverse sollen in der folgenden Arbeit die beiden sich gegenüberstehenden Operationsmethoden - mediale Dopplung und MPFL-Augmentation - hinsichtlich der subjektiven Patientenzufriedenheit und dem Aspekt der Reluxation unter Berücksichtigung vorliegender Risikofaktoren untersucht werden.

2 Material und Methoden

In dieser Erhebung sollten die Patientenzufriedenheit und klinische Ergebnisse nach MPFL-Augmentation sowie medialer Raffung retrospektiv mittels dreier klinisch gängiger Scores ermittelt werden (Ethikantrag: 13/05/09).

2.1 Festlegung des Patientenkollektivs

Mithilfe der elektronischen Patientendokumentation im SAP und der Operationspläne aus den Jahren 2008 bis 2010 wurde eine Liste von Patienten erstellt, die sich im genannten Zeitraum in der Abteilung Unfallchirurgie, Plastische und Wiederherstellungschirurgie an der Universitätsmedizin Göttingen behandeln ließen. Durch die Festlegung dieses Zeitfensters wurde garantiert, dass die befragten Patienten ein Mindest-*follow-up* von 2 Jahren zum Zeitpunkt der Befragung erfüllten. Als nächstes wurden von diesen so ermittelten 108 Patienten die Akten gesichtet und anhand eines festgelegten Dokumentationsbogens relevante Informationen aus den vorliegenden Akten herausgefiltert (s. Dokumentationsbogen im Anhang).

Der nächste Schritt umfasste das Prüfen auf vorher festgelegte Ein- beziehungsweise Ausschlusskriterien. Eingeschlossen wurden alle Patienten, die eine traumatische oder atraumatische isolierte laterale Patellaluxation erlitten hatten.

Unter den Operationsmethoden wurden folgende mit in die Studie integriert:

1. Die MPFL-Augmentation als zu überprüfende Methode der Wahl, sowohl isoliert als auch in Kombination mit einer Tuberositasosteotomie durchgeführt und
2. die mediale Dopplung (teilweise in Kombination mit einem *lateral release*).

Ausgeschlossen von der Studie wurden voroperierte Patienten und Patienten, die neben einer Patellaluxation weitere Verletzungen wie dokumentierte Meniskusverletzungen, eine vordere oder hintere Kreuzbandruptur, oder einen Trümmerbruch der Patella aufwiesen. Dies reduzierte das Patientengut von 108 auf 89 Studienteilnehmer.

Im nächsten Schritt wurde versucht, sämtliche Patienten zu kontaktieren. Dabei verringerte sich die Anzahl der Patienten auf 52, da nicht alle Patienten kontaktiert werden konnten bzw. die Teilnahme an der Studie ablehnten. Patienten, die ein *lateral release*, eine alleinige diagnostische Arthroskopie oder eine Tuberositasosteotomie erhalten hatten, wurden zwar befragt, aber wegen der geringen Anzahl (lediglich 5 insgesamt) nicht in die statistische Auswertung aufgenommen. Damit ergab sich für die statistische Auswertung der operativen Gruppe eine Anzahl von 47 Patienten.

2.2 Dokumentation der patientenspezifischen Daten

Für jeden der Patienten wurde nun anhand des Aktenstudiums ein vorher festgelegter Dokumentationsbogen ausgefüllt (s. Anhang).

Dabei wurden folgende Angaben dokumentiert:

- Alter
- Geschlecht
- Größe, Gewicht, BMI
- Alter bei Erstluxation
- Rezidivluxationen und deren Anzahl
- Ursache der Erstluxation (traumatisch vs. atraumatisch)
- Art des Traumas (adäquat vs. inadäquat)
- MRT- und Röntgenbefund
- Art der Therapie (operativ vs. konservativ)
- Risikofaktoren (vgl. Kapitel 2.3)
- Zufriedenheit bzw. das sportliche Aktivitätslevel (vgl. Kapitel 2.4)

2.3 Risikofaktoren

Als relevant für diese Erhebung wurden folgende anatomische Risikofaktoren gewertet:

- der TT-TG-Abstand
- die Patella alta, bestimmt nach dem Insall-Salvati-Index
- die Trochleadysplasie nach Déjour sowie
- der Patella-tilt.

Epidemiologische Risikofaktoren wie das Alter und beidseitige Instabilität flossen ebenso in die Risikostratifizierung mit ein.

Zur Quantifizierung der oben genannten Faktoren wurde auf den „*Patella Instability Severity Score*“ von Balcarek et al. zurückgegriffen (Balcarek et al. 2014 und Abb. 14).

Eine Einordnung in diesen Score und die Berücksichtigung der oben genannten epidemiologischen Faktoren, der Rezidivluxationen und des *follow-up* sollte eine bessere Vergleichbarkeit des Relaxationsrisikos anhand der individuell vorliegenden anatomischen prädisponierenden Faktoren ermöglichen und eine eventuelle (nicht) bestehende Signifikanz in den postoperativen Ergebnissen untermauern.

Alter (in Jahren)	<ul style="list-style-type: none"> • > 16 (0) • ≤ 16 (1)
beidseitige Instabilität	<ul style="list-style-type: none"> • nein (0) • ja (1)
Trochleadysplasie	<ul style="list-style-type: none"> • keine (0) • milde Ausprägung (Typ A) (1) • schwere Ausprägung (Typ B-D) (2)
Patellahöhe	<ul style="list-style-type: none"> • ≤ 1,2 (0) • > 1,2 (1)
TT-TG (in mm)	<ul style="list-style-type: none"> • < 16 (0) • ≥ 16 (1)
Patella-tilt (°)	<ul style="list-style-type: none"> • ≤ 20° (0) • ≥ 20° (1)
Gesamtpunktzahl	<ul style="list-style-type: none"> • 7 Punkte

Abbildung 14: Patella Instability Severity Score nach Balcarek et al. 2014

2.4 Dokumentation der subjektiven Kriterien

Bezüglich der subjektiven Kriterien wurden die Patienten mit Hilfe dreier *Scores* am Telefon befragt. Alle Patienten wurden mit einem Mindest-*follow-up* von 2 Jahren befragt. Die Patienten sollten den *Score* zuerst bezüglich der unmittelbaren präoperativen Situation beantworten und dann nochmals zur Evaluation der postoperativen bzw. jetzigen Situation.

Zur subjektiven Einschätzung wurden folgende etablierte *Scores* verwendet:

1. Kujala-Score (13 Fragen, max. Punktwert 100)
2. Score nach Lysholm & Gillquist (8 Fragen, max. Punktwert 100)
3. Tegner-Aktivitätsscore (11 Stufen max. Punktwert 10).

2.4.1 Kujala-Score

Bei dem Kujala-Score handelt es sich um einen aus 13 Fragen bestehenden Fragebogen. Je nach Frage sind zwischen drei und fünf Antwortmöglichkeiten auszuwählen, wobei jeweils nur eine Angabe möglich ist. Jeder Antwort wird ein bestimmter Punktwert zugeordnet, sodass am Ende maximal 100 Punkte erreicht werden können.

Dabei wurde folgende Einteilung verwendet:

- ≤ 64 Punkte = schlechtes Ergebnis
- ≥ 65 ≤ 84 Punkte = mittelmäßiges Ergebnis

- ≥ 85 Punkte = gutes/ sehr gutes Ergebnis

Eine genaue Auflistung der im Fragebogen enthaltenen Fragen ist im Anhang zu finden. In diesem *Score* werden alltägliche Aktivitäten wie Treppensteigen, längeres Sitzen z.B. beim Autofahren, aber auch sportliche Aktivitäten wie Joggen, Springen, der Einbeinstand oder ähnliches abgefragt. Des Weiteren erlaubt der *Score* eine grobe Abschätzung eines Flexionsdefizits und einer eventuell vorhandenen Atrophie des VMO.

2.4.2 Lysholm- & Gillquist-Score

Bei dem *Score* nach Lysholm & Gillquist handelt es sich um einen 8 Fragen umfassenden Dokumentationsbogen, bei welchen ebenfalls maximal 100 Punkte zu erreichen sind. Die vorgegebenen Antwortmöglichkeiten umfassen drei bis sieben Aussagen, welchen analog zum Kujala-Score ein Punktwert zugeordnet wird und wobei ebenso nur eine Aussage ausgewählt werden durfte.

Die Zuordnung des entsprechenden Ergebnisses erfolgte nach folgenden Kriterien:

- 90-100 Punkte = sehr gutes Ergebnis
- 80-89 Punkte = gutes Ergebnis
- 70-79 Punkte = befriedigendes Ergebnis
- < 70 Punkte = schlechtes Ergebnis.

Für eine genaue Aufschlüsselung der erfragten Kriterien wird auf den Anhang verwiesen.

Die Fragen ähneln zum Teil stark denen des Kujala-Scores, allerdings wird dem Aspekt der patellaren Instabilität und dem Phänomen des *giving way* größere Aufmerksamkeit geschenkt. *Giving way* bezeichnet hierbei das Weggleiten- oder Knicken des Kniegelenks bei schon geringer bzw. normaler/ alltäglicher Belastung.

2.4.3 Tegner-Aktivitätsscore

Hierbei handelt es sich um einen *Score*, der speziell das Aktivitätsniveau in Beruf, Alltag, Leistungs- und Freizeitsport anspricht und die Angabe des Patienten durch die Einordnung in eine Gruppe vergleichbar macht. Der Tegner-Aktivitätsscore umfasste eine Gliederung in 11 Gruppen (0-10). Jeder Gruppe waren bestimmte Sportarten in unterschiedlicher Kombination und Intensität zugeordnet, sodass zwischen Freizeitsportlern, Leistungs- und Wettkampfsportlern (10 Punkte) oder Patienten, die aufgrund ihrer Verletzung nicht arbeitsfähig waren, differenziert werden konnte (0 Punkte) (s. Anhang).

2.5 Das Prinzip der operativen Versorgung beider untersuchter Methoden

Die Indikation zur Operation wurde anhand des radiologisch nachweisbaren Vorliegens einer knöchernen Verletzung im Sinne einer *flake*-Fraktur oder einer Ruptur der medialen Bandstrukturen (insbesondere des MPFL) gestellt. Das klinische Bild ist durch Schmerzen, Schwellung, schmerzhafte Bewegungseinschränkung, Druckschmerzhaftigkeit des medialen Kompartiments und einen eventuell vorhandenen Hämarthros gekennzeichnet.

Ebenso wurde das Vorliegen von Risikofaktoren wie ein vergrößerter TT-TG Abstand, eine Trochleadysplasie und eine Patella alta in die therapeutischen Überlegungen mit einbezogen. Initial erfolgt eine Arthroskopie zur Beurteilung der Gelenkmorphologie mit Knorpelstatus, Verletzung des MPFL und der Bestimmung des Ausmaßes einer eventuell vorhandenen Trochleadysplasie.

Bei der MPFL-Rekonstruktion wird über eine mediale Inzision distal der Tuberositas tibiae ein ca. 20 cm langes muskelfreies Stück der Gracilis-Sehne präpariert, welches als Ersatz dient. Danach wird über dem Epicondylus medialis der Zugang zum MPFL geschaffen. Nach Aufsuchen des femoralen und patellaren Ansatzpunktes wird das Transplantat durch zwei transossäre Nähte mit resorbierbaren Fäden an der Patella befestigt. Die Implantation am femoralen Ansatz erfolgt in 20-30° Beugung mithilfe der Fadendurchzugsmethode - da das MPFL hier den stärksten nach lateral gerichteten Kräften ausgesetzt ist (Amis et al. 2003). Abschließend wird das Transplantat mittels einer Interferenzschraube fixiert. Auf diese Weise wird eine Verstärkung des nativen MPFL mit Hilfe eines autologen Sehnentransplantats erreicht.

Die mediale Raffung kann offen oder in arthroskopischer Technik durchgeführt werden. Hierbei wird das MPFL nicht verstärkt sondern durch Raffung bzw. Dopplung des medialen Kapselbandapparats um einige cm verkürzt, womit eine Medialisierung der Patella erreicht wird.

Die postoperative Behandlung besteht in kurzfristiger Knieruhigstellung (max. 7 Tage), gewichtsadaptierter Teilbelastung für ca. 3 Wochen und passiver Bewegung des Gelenks innerhalb der ersten beiden Wochen bis zu einem Bewegungsumfang von 60° Beugung.

Es folgen aktive Übungen zum Muskelaufbau und Stabilitätstraining zur Schulung der Propriozeption und des Gleichgewichts. Die normale körperliche Aktivität darf nach 3 Monaten wieder aufgenommen werden, Kontaktsportarten sollten erst 6 Monate postoperativ begonnen werden.

2.6 Statistische Auswertung

Die deskriptive Auswertung der Daten wurde mithilfe der Programme Statistica Version 10.6 durchgeführt, eine statistische Analyse zur Ermittlung signifikanter Gruppenunterschiede erfolgte mit dem Programm SAS.

Für ordinale Daten (Tegner-Aktivitätsscore) wurden der Median sowie die *interquartile range* (IQR) bestimmt. Metrische Daten wie die des Kujala- und Lysholm- & Gillquist-Scores wurden mithilfe des Mittelwerts und der Standardabweichung angegeben, kategoriale Daten wie Geschlecht, Operationsmethode als Häufigkeiten in Prozent. Die Trennung in ordinale und metrische Daten wurde vorgenommen, da zwei *Scores* Punktwerte bis 100 und ein *Score* nur Werte bis 10 vorgaben. Die graphische Darstellung metrischer und ordinaler Daten erfolgte in Boxplots, die der kategorialen Daten in Balkendiagrammen und *pie charts*. Um auf Unterschiede zwischen verschiedenen Gruppen und deren Wechselwirkungen zu testen, wurden nichtparametrische *repeated-measures-ANOVAs* durchgeführt, welche die Abhängigkeit des Prä- und des Posttestergebnisses pro Patient berücksichtigten. Bei Modellen, welche zusätzlich den Einfluss der Dysplasie, des TT-TG Abstands, der Patella alta (ordinalskaliert) sowie des *Patella Instability Severity Scores* berücksichtigten, wurden analog nichtparametrische *repeated-measures ANCOVAs* berechnet. Das Signifikanzniveau wurde mit $p < 0,05$ festgelegt.

2.7 Literaturrecherche

Die Recherche der entsprechenden Basisliteratur und Literatur zu aktuellen diskutierten Behandlungsmethoden erfolgte über die englischsprachige Datenbank *pubmed*. Hierbei wurde darauf geachtet, die Suche nicht durch zu detaillierte und ausführliche Kriterien einzuschränken sondern durch allgemein gehaltene Formulierungen eine möglichst große Ausbeute innerhalb der Datenbank zu erzielen. Folgende Begriffe wurden für die Stichwortsuche gewählt:

- patellar instability
- lateral patellar instability
- lateral patellar dislocation
- biomechanics of patellofemoral joint
- risk factors of patellar instability
- radiological signs for lateral patellar dislocation
- treatment for lateral patellar instability
- surgical treatment for lateral patellar instability

- medial patellofemoral ligament
- anatomy of the medial patellofemoral ligament
- biomechanics of the medial patellofemoral ligament
- MPFL-Augmentation
- methods of MPFL-Augmentation/reconstruction
- graft for MPFL-reconstruction
- redislocation after surgical treatment for lateral patellar instability
- non-surgical treatment for patellar instability
- scores for lateral patellar instability

3 Ergebnisse

3.1 Patientenkollektiv

Nach Anlegen der in Kapitel 2.1 vorgestellten Ein- und Ausschlusskriterien stand ein Patientenkollektiv von 47 Patienten zur Verfügung. Entsprechende epidemiologische Daten sind Tabelle 1 zu entnehmen. Das ermittelte Kollektiv wurde in zwei nahezu gleich große Gruppen aufgeteilt: Die erste Gruppe schloss die Patienten, welche sich einer isolierten oder kombinierten medialen Raffung unterzogen (n=21) ein, die zweite Gruppe beinhaltete die Patienten, die eine isolierte oder kombinierte MPFL-Augmentation vornehmen ließen (n=26) (s. Abb. 15). Die durchschnittliche Dauer vom Zeitpunkt der Erstluxation bis zur Operation betrug 1,4 Monate (1d - 10 Monate) (vgl. hierzu Tab. 1).

13 Patienten waren bis zum Operationszeitpunkt bereits konservativ behandelt worden, 4 Patienten hatten vor Durchführung einer MPFL-Augmentation eine andere Operation erhalten. In beiden Fällen ging dies mit nicht zufriedenstellenden funktionellen Ergebnissen bzw. Reluxation einher.

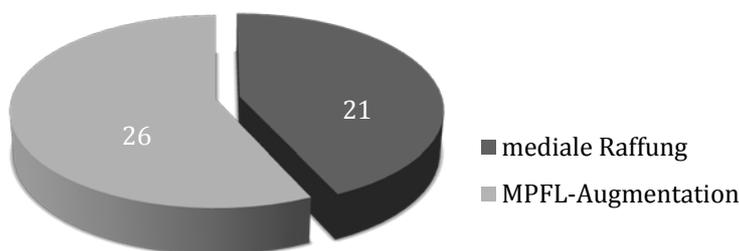


Abbildung 15: Durchgeführte OP-Methode und Anzahl der Patienten in der jeweiligen Subgruppe

Tabelle 1: Darstellung der epidemiologischen Faktoren für die beiden operativen Gruppen

		MPFL- Augmentation	Mediale Raffung
Patientenzahl		26	21
Geschlecht	m	10	10
	w	16	11
Alter bei Erstluxation		18,58 (12-29 Jahre)	20,25 (10-36 Jahre)
BMI (in kg/m²)		23,29 (17,93-42,52)	22,73 (13,37-32,24)
Seite	rechts	11	6
	links	13	10
	beidseits	2	5
OP nach Erstluxation		15	19
OP nach Rezidivluxation		11	2
Postoperative Relaxation		2	4
Risikofaktoren	Trochleadysplasie (Typ A-D)	16	19
	TT-TG Abstand \geq 16 mm	8	12
	Patella Tilt	10	4
	Patella alta	16	16
Patella Instability Severity Score	\leq 3 Punkte	8	5
	\geq 4 Punkte	7	11
Zeit von Erstluxation bis OP in Tagen		54,3 (1 d – 10 Monate)	29,5 (1 d – 4 Monate)

Das Durchschnittsalter der Gesamtgruppe bei Erstluxation belief sich auf 19,05 Jahre (10-36 Jahre), innerhalb der weiblichen Gruppe betrug es 17,8 Jahre (10-26 Jahre), in der Gruppe männlicher Patienten 21,8 Jahre (14-36 Jahre). 23 Patienten (48,9%) erlitten die Erstluxation im Kindes- und Jugendalter (10-18 Jahre), bei 14 Patienten mit Erstluxation im Kindes- und Jugendalter (60,9%) folgten Rezidive.

3.1.1 Relaxation

Bei 23 Patienten bestand eine chronisch-rezidivierende Instabilität mit multiplen Relaxationen vor Operation (s. Tab. 2). Davon 16 in der MPFL-Gruppe und 7 in der Gruppe der medialen Raffung.

Tabelle 2: Anzahl der präoperativen Luxationen

	Anzahl Patienten in Gruppe „mediale Raffung“	Anzahl Patienten in Gruppe „MPFL“
1 Reluxation	4	11
2 Reluxationen	2	1
3 Reluxationen	0	1
> 3 Reluxationen	1	3

Bei 6 Patienten trat postoperativ ungeachtet der durchgeführten OP-Methode eine Reluxation auf. Hierunter waren 4 Patienten, die eine mediale Raffung erhalten hatten, 1 Patient nach MPFL-Augmentation und 1 Patient, der eine mit einer Tuberositasosteotomie kombinierte MPFL-Augmentation vornehmen ließ.

Bezogen auf die beiden untersuchten Gruppen ergeben sich folgende Reluxationsraten: In der Gruppe der MPFL-Augmentation erlitten 7,9% der Patienten (2 von 26) eine Reluxation. Für die mediale Raffung betrug die Reluxationsrate 19,04%. Entsprechende Patientencharakteristika sind Tabelle 3 zu entnehmen.

Tabelle 3: Charakteristika der Patienten mit postoperativer Reluxation

	Mediale Raffung Mittelwert (SD)	MPFL Augmentation Mittelwert (SD)
Anzahl der Patienten	4	2
Alter in Jahren	14,5 (3,2)	16,5 (1,8)
Dysplasiegrad	Typ A: 1 Typ B: 1 Typ D: 2	Typ B: 2
TT-TG Abstand	16,5 (4,15)	15,1 (5,9)
PIS-Score	2,75 (1,09)	3,5 (0,063)

3.1.2 Risikofaktoren

Bezüglich der Risikofaktoren wiesen insgesamt 20 Patienten der Studiengruppe einen vergrößerten TT-TG Abstand auf. Eine Trochleadysplasie konnte bei 35 Patienten nachgewiesen werden (s. hierzu auch Tab. 17). Die Bestimmung des Insall-Salvati Index ergab bei 32 Patienten einen Patellahochstand.⁶ Detaillierte Informationen sind Tabelle 4 zu entnehmen.

⁶ Bei den restlichen Patienten konnten aufgrund fehlender MRT-Bilder die Risikofaktoren nicht bestimmt werden.

Tabelle 4: Übersicht der Risikofaktoren in den OP-Gruppen (Anzahl der Patienten)

		MPFL-Augmentation	Mediale Raffung
Risikofaktoren	Trochleadysplasie Typ A-D	16	19
	TT-TG Abstand \geq 16 mm	8	12
	Patella Tilt $>20^\circ$	10	4
	Patella alta	16	16
Patella Instability Severity Score	\leq 3 Punkte	8	5
	\geq 4 Punkte	7	11

3.2 Patella Instability Severity Score und Reluxationsrisiko

Bei der Einschätzung des individuellen Reluxationsrisikos der Patienten mithilfe des *Patella Instability Severity Score* konnte von 31 (MPFL-Augmentation: n=15, mediale Raffung: n=16) behandelten Patienten der Wert ermittelt werden⁷. Der durchschnittliche Punktwert in der Gesamtgruppe lag bei 3,5 Punkten, das *Odds Ratio* für Rezidivluxationen für Scorewerte \geq 4 Punkte betrug 1,5 (95%-Konfidenzintervall: 0,25-8,98). Für die Gruppe der MPFL-Augmentation betrug der Durchschnittswert 3,3, für die der medialen Raffung 3,8 Punkte. In der Gruppe der MPFL-Augmentation wiesen 53,3 % einen Punktwert \leq 3 auf, 46,6 % einen Wert \geq 4. Für die Gruppe der medialen Dopplung fiel die Verteilung wie folgt aus: 31,2 % erreichten einen Wert von \leq 3, 68,8 % der Patienten \geq 4 Punkte. Das *Odds Ratio* für rezidivierende Luxationen bei einem Scoreergebnis \geq 4 Punkte in der Gruppe der medialen Raffung betrug 3, für die MPFL-Augmentation 1,16 (vgl. hierzu auch Tab. 5), aufgrund der sich überlappenden Konfidenzintervalle war dies jedoch ohne Signifikanz.

Tabelle 5: Odds Ratio der beiden untersuchten Gruppen

	MPFL-Augmentation	Mediale Raffung
OR Rezidivluxation	1,16 (0,05-22,93)	3 (0,28-31,63)

⁷ Bei den verbliebenen 16 Patienten fehlten Angaben zu den Risikofaktoren und konnten auch nicht ermittelt werden.

3.3 Ergebnisse der subjektiven Kriterien

Die Einschätzung der subjektiven Kriterien erfolgte anhand des Kujala-, des Lysholm- & Gillquist- und des Tegner-Aktivitätsscores.

3.3.1 Ergebnisse des Kujala-Scores

In der Befragung des Kujala-Scores konnte unabhängig von der durchgeführten Operationsmethode bei 19 Patienten (40,4%) ein sehr gutes (≥ 85), bei 21 Patienten (44,7%) ein mittelmäßiges (65-84) und bei 8 Patienten (17%) ein schlechtes Ergebnis (≤ 65) dokumentiert werden (vgl. Abb. 16). Eine Verschlechterung des postoperativen Scores im Vergleich zum präoperativ ermittelten Wert musste bei 14 Patienten (29,8%) festgestellt werden. 3 Patienten (6,4%) gaben keinerlei Verbesserung im Vergleich zur präoperativen Situation an.

Tabelle 6: Vergleich prä- und postoperativer Mittelwerte für den Kujala-Score

Faktor	Anzahl	Mittelwert Kujala	Standardabweichung
Punktwert präoperativ	47	65,17	29,41
Punktwert postoperativ	47	78,76	15,11

Im Mittel verbesserten sich die prä- zu postoperativen Werte um 14,79 Punkte (vgl. Tab. 6).

Die Verbesserung des prä- zu postoperativen Punktwertes war signifikant ($p=0,0216$).

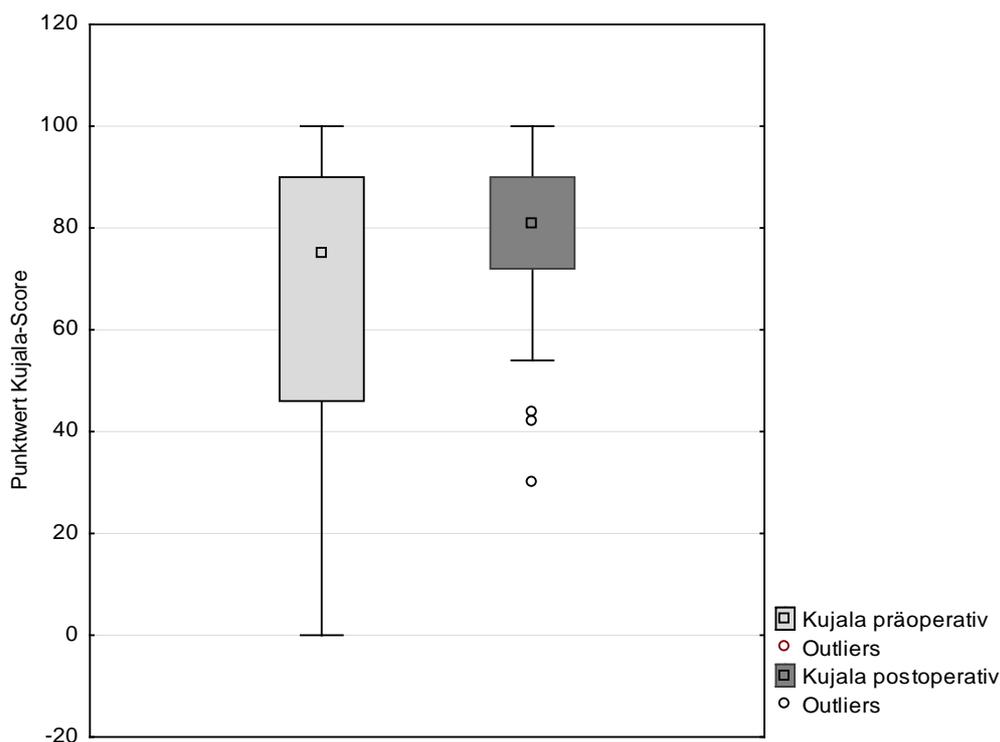


Abbildung 16: Vergleich prä- und postoperativer Ergebnisse des Kujala-Scores

In den Operationsgruppen fielen die Ergebnisse wie folgt aus: Bei 47,6% (10 von 21) der befragten Patienten in der Gruppe der medialen Raffung konnte ein sehr gutes Ergebnis (≥ 85) dokumentiert werden. 8 Patienten (38%) wiesen ein mittelmäßiges Ergebnis (65-84) auf und bei 4 Patienten (19%) war ein schlechter postoperativer Punktwert zu verzeichnen (≤ 65). Im Mittel verbesserten sich Patienten, die sich einer medialen Raffung unterzogen, um 20,6 Punkte (1 bis 44 Punkte). Eine Verschlechterung von post- zu präoperativen Werten war bei 7 Patienten der Fall. Keine Verbesserung im Vergleich prä- und postoperativer Werte war bei einem Patienten zu notieren.

Für die MPFL-Augmentation gaben 9 Patienten (34,6%) ein sehr gutes, 13 (50%) ein mittelmäßiges und 4 Patienten (15,4%) ein schlechtes Ergebnis an. Bei 6 Patienten (26,9%) musste eine Verschlechterung der Situation dokumentiert werden (vgl. Tab. 7).

Tabelle 7: Vergleich prä- und postoperativer Ergebnisse des Kujala-Scores für beide OP-Methoden

Faktor	OP-Methode	Anzahl	Mittelwert Kujala	Standardabweichung
Punktwert präoperativ	mediale Raffung	21	71,62	29,72
Punktwert postoperativ	mediale Raffung	21	80,38	17,51
Punktwert präoperativ	MPFL-Augmentation	26	59,96	28,68
Punktwert postoperativ	MPFL-Augmentation	26	77,46	13,09

In der statistischen Auswertung konnte keine Signifikanz im Ergebnis zwischen den beiden Gruppen ermittelt werden, signifikant war in beiden Gruppen die Verbesserung von prä- zu postoperativen Punktwerten (vgl. Tab. 8 und Abb. 17).

Tabelle 8: Signifikanzniveau der Interaktion zwischen OP-Methode und Ergebnis des Kujala-Scores

Faktor	p-Wert	Interpretation
OP-Methode	0,0595	nicht signifikant
Punktwert	0,0216	signifikant
OP-Methode x Punktwert	0,4538	nicht-signifikant

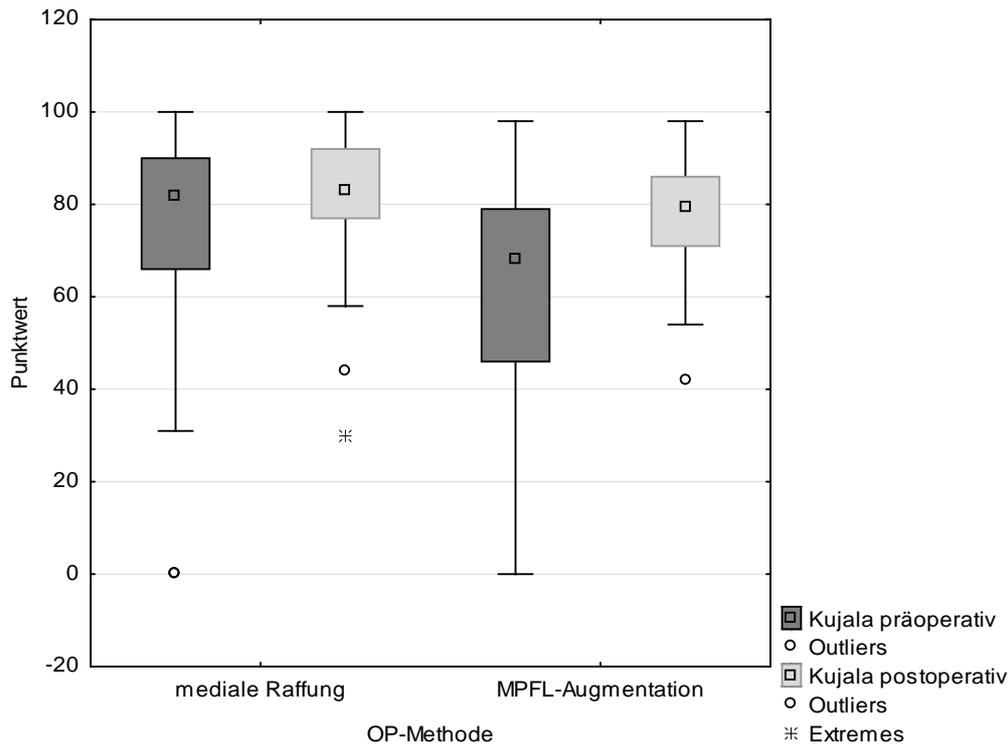


Abbildung 17: Darstellung prä- und postoperativer Punktwerte für den Kujala-Score in Abhängigkeit von der durchgeführten OP-Methode

3.3.2 Ergebnisse des Lysholm- & Gillquist-Scores

Ohne Berücksichtigung der durchgeführten Operationsmethode gaben 30 Patienten (63,8%) für den Lysholm- & Gillquist-Score ein sehr gutes Ergebnis, 8 Patienten (17%) ein gutes, 5 (11,6%) ein befriedigendes und 4 Patienten (8,5%) ein schlechtes Ergebnis an. Insgesamt verschlechterte sich die postoperative Situation für 9 Patienten (19,1%) und 4 Patienten (8,5%) konnten über keine Veränderung berichten (alle Patienten mit einem prä- und postoperativen Score von 100) (vgl. Tab. 9). Die mittlere Verbesserung betrug 17,43 Punkte.

Tabelle 9: Vergleich prä- und postoperativer Mittelwerte für den Lysholm- & Gillquist-Score

Faktor	Anzahl	Mittelwert Lysholm&Gillquist	Standardabweichung
Punktwert präoperativ	47	70,94	28,89
Punktwert postoperativ	47	88,51	12,96

Für den Lysholm- & Gillquist-Score war die Verbesserung von prä- zu postoperativ ebenso signifikant ($p=0,0015$).

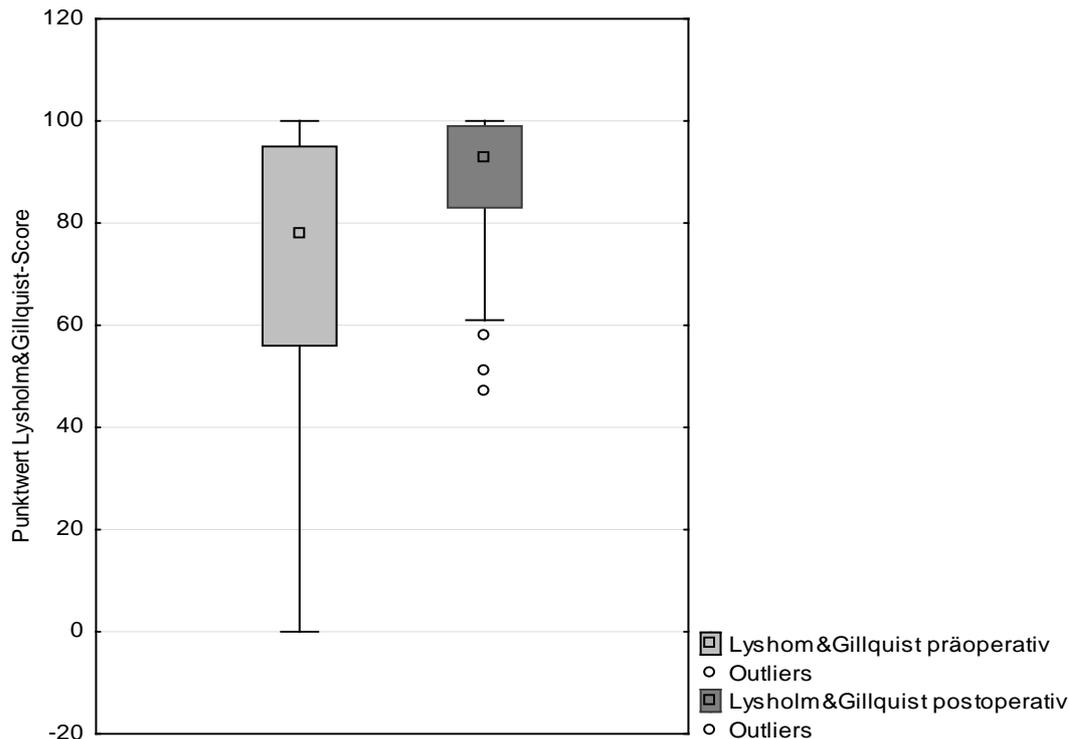


Abbildung 18: Vergleich prä- und postoperativer Ergebnisse des Lysholm- & Gillquist-Scores

Im direkten Vergleich der Operationsmethoden gaben in der Gruppe der medialen Raffung 14 Patienten (66%) ein sehr gutes Ergebnis, 3 (14,3%) ein gutes, 3 (14,3%) ein befriedigendes und 1 Patient (4,8%) ein schlechtes Ergebnis an. Davon musste bei 6 Patienten (28,6%) eine Verschlechterung notiert werden. 3 Patienten empfanden keinerlei Veränderung bei einem Score von jeweils 100 Punkten prä- und postoperativ (vgl. Tab. 10).

Tabelle 10: Vergleich prä- und postoperativer Ergebnisse beider OP-Methoden für den Lysholm- & Gillquist-Score

Faktor	OP-Methode	Anzahl	Mittelwert Lysholm&Gillquist	Standardabweichung
Punktwert präoperativ	mediale Raffung	21	75,62	30,43
Punktwert postoperativ	mediale Raffung	21	89,48	12,11
Punktwert präoperativ	MPFL-Augmentation	26	67,15	27,59
Punktwert postoperativ	MPFL-Augmentation	26	87,73	13,79

Die mittlere Verbesserung in der Gruppe der medialen Raffung für den Lysholm- & Gillquist-Score betrug 30,2 Punkte (5 bis 90 Punkte).

Für die MPFL-Augmentation berichteten 16 Patienten (61,5%) über ein sehr gutes, 5 (19,2%) über ein gutes, 2 (7,7%) über ein befriedigendes und 3 Patienten (11,5%) über ein schlechtes Ergebnis. Hier gaben 3 Patienten eine Verschlechterung des postoperativen im Vergleich zum präoperativen Wert an, 1 Patient gab eine unveränderte Situation an (post- und präoperativer

Wert mit 100 identisch). Die mittlere Verbesserung betrug 25,7 Punkte (1 bis 100 Punkte), die Ergebnisse sind Abb. 19 zu entnehmen.

Zwischen den beiden Operationsmethoden wurde keine statistische Signifikanz bezüglich des postoperativen *outcomes* gefunden (vgl. Tab. 11). Signifikant war jedoch wieder in beiden Gruppen die Verbesserung des prä- zu postoperativen Wertes.

Tabelle 11: Signifikanzniveau der Interaktion zwischen OP-Methode und Ergebnis des Lysholm- & Gillquist-Scores

Faktor	p-Wert	Interpretation
OP-Methode	0,1157	nicht signifikant
Punktwert	0,0015	signifikant
OP-Methode x Punktwert	0,2093	nicht signifikant

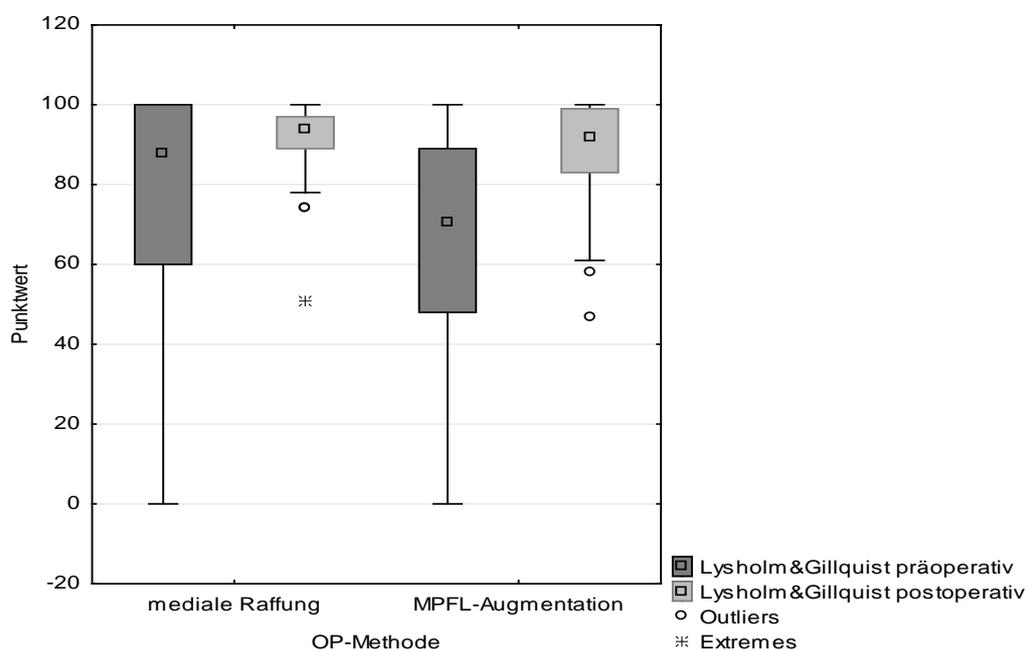


Abbildung 19: Darstellung prä- und postoperativer Punktwerte für den Lysholm- & Gillquist-Score in Abhängigkeit von der durchgeführten OP-Methode

3.3.3 Ergebnisse des Tegner-Aktivitätsscores

In der Befragung des Tegner-Aktivitätsscores gaben ungeachtet der Operationsmethode 9 Patienten eine Verbesserung des Aktivitätsniveaus an, 24 Patienten konnten im selben Umfang wie vor der Operation ihren Sport ausüben und bei 14 Patienten musste eine postoperative Einschränkung im alltäglichen Leben sowie in der Freizeit notiert werden.

Tabelle 12: Vergleich prä- und postoperativer Mittelwerte für den Tegner-Aktivitätsscore

Faktor	Anzahl	Median Tegner	IQR
Punktwert präoperativ	47	5,00	[3;6]
Punktwert postoperativ	47	4,00	[3;6]

Es konnte kein signifikanter Unterschied im Vergleich der prä- und postoperativen Aktivitätsniveaus für den Tegner-Score gefunden werden ($p=0,1836$) (vgl. Tab. 12 und Abb. 20).

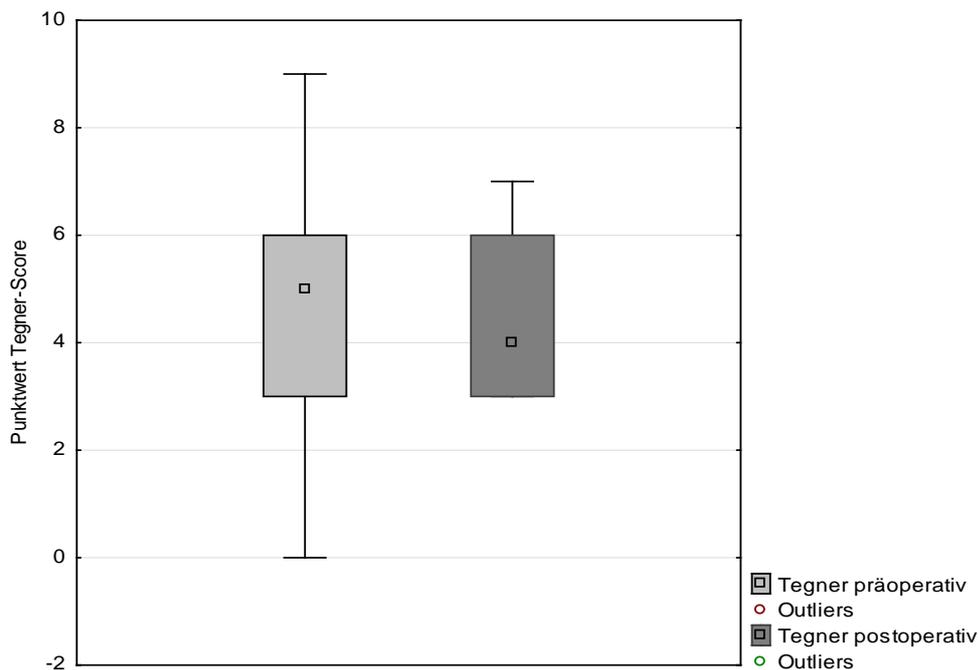


Abbildung 20: Vergleich prä- und postoperativer Ergebnisse des Tegner-Aktivitätsscores

Die Verteilung der postoperativen Werte zwischen den beiden Gruppen mediale Raffung und MPFL-Augmentation ließ keinen statistisch signifikanten Unterschied im postoperativen Ergebnis zwischen den beiden operativen Gruppen erkennen (vgl. Tab 13).

Tabelle 13: Signifikanzniveau der Interaktion zwischen OP-Methode und Ergebnis des Tegner-Aktivitätsscores

Faktor	p-Wert	Interpretation
OP-Methode	0,3471	nicht signifikant
Punktwert	0,1836	nicht signifikant
OP-Methode x Punktwert	0,7299	nicht signifikant

Sowohl in der Gruppe der medialen Raffung als auch in der der MPFL-Augmentation mussten für einige Patienten Einschränkungen im alltäglichen Berufs-/ Freizeit- und Sportleben hingenommen werden. Dabei handelte es sich um Patienten, die vor der Verletzung auf sehr hohem Niveau (Leistungssport) sportlich aktiv waren und maximal einen

Punkt im Tegner-Aktivitätsscore verloren. Insgesamt kann aber von einem zufriedenstellenden Ergebnis für beide Gruppen gesprochen werden, da sich der Median innerhalb beider Gruppen sowohl prä- als auch postoperativ zwischen Werten von 4 und 5 bewegt (vgl. Tab.14) und somit keine statistisch signifikanten Schwankungen aufweist (vgl. Tab. 13 und Abb. 21).

Tabelle 14: Vergleich prä- und postoperativer Ergebnisse beider OP-Methoden für den Tegner-Aktivitätsscore

Faktor	OP-Methode	Anzahl	Median Tegner	IQR
Punktwert präoperativ	mediale Raffung	21	4,00	[3;6]
Punktwert postoperativ	mediale Raffung	21	4,00	[3;5]
Punktwert präoperativ	MPFL-Augmentation	26	5,50	[4;6]
Punktwert postoperativ	MPFL-Augmentation	26	4,00	[4;6]

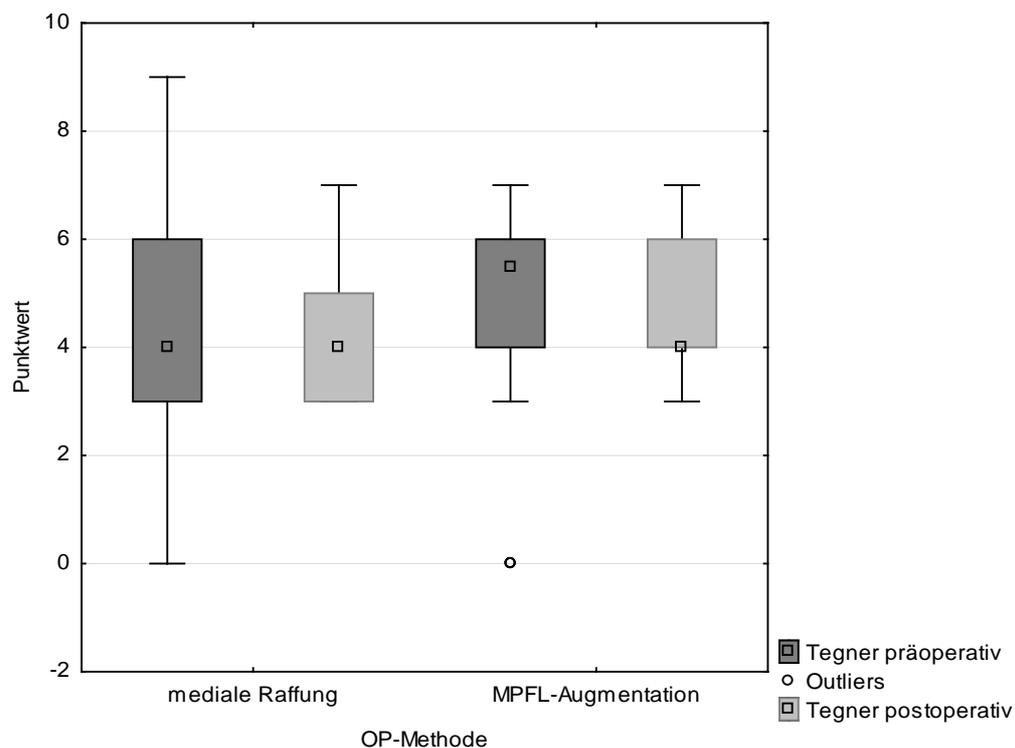


Abbildung 21: Vergleich der prä- und postoperativen Werte des Tegner-Aktivitätsscores in Abhängigkeit von der durchgeführten OP-Methode

3.4 Einfluss vorliegender Risikofaktoren auf das postoperative Outcome

Untersucht wurde der Einfluss folgender Risikofaktoren auf das postoperative Ergebnis der drei verwendeten Scores: TT-TG Abstand, Trochleadysplasie und Patella alta⁸.

3.4.1 Einfluss des TT-TG Abstands

Im untersuchten Patientenkollektiv lag bei insgesamt 20 Patienten ein vergrößerter TT-TG Abstand vor. 12 Patienten wiesen mit einem Wert < 16 mm einen normalen TT-TG Abstand auf.⁹ Eine Übersicht entsprechend der Verteilung im untersuchten Kollektiv ist Tab. 15 zu entnehmen.

Tabelle 15: TT-TG Abstand im untersuchten Kollektiv

		MPFL-Augmentation		Mediale Raffung	
		Anzahl	Mittelwert (SD)	Anzahl	Mittelwert (SD)
TT-TG Abstand	≥ 16 mm	8	21,11 (2,38)	12	21,76 (3,5)
	< 16 mm	8	10,25 (2,57)	4	12,4 (1,41)
	unbekannt	10	-	5	-

Die statistische Auswertung des Einflusses des TT-TG Abstands auf das postoperative Scoreergebnis in Abhängigkeit der durchgeführten OP-Methode ergab keinen signifikanten Unterschied in den erreichten Punktwerten für den Kujala-, Lysholm- & Gillquist- und Tegner-Aktivitätsscore (vgl. Tab. 16).

Tabelle 16: Interaktion von OP-Methode, postoperativem Score-Ergebnis und TT-TG Abstand

OP-Methode x TT-TG Abstand	p-Wert	Interpretation
Kujala	0,9814	nicht signifikant
Lysholm&Gillquist	0,5793	nicht signifikant
Tegner	0,9772	nicht signifikant

3.4.2 Einfluss der Trochleadysplasie

Im untersuchten Kollektiv wiesen insgesamt 35 Patienten¹⁰ eine Trochleadysplasie nach Déjour auf. Bei 4 Patienten war in der Bildgebung keine Trochleadysplasie nachzuweisen.

⁸ Einfluss des Patellahöhenstandes: Da im untersuchten Patientenkollektiv nur ein Patient ohne Patella alta vertreten war, war es nicht möglich den Einfluss dieses Faktors auf das postoperative Ergebnis zu untersuchen.

⁹ Von den restlichen Patienten lagen keine MRT-Bilder vor, sodass von diesen der TT-TG Abstand nicht ermittelt werden konnte.

¹⁰ Von den verbliebenen 8 Patienten konnte der Dysplasiegrad nicht bestimmt werden, da keine MRT-/Röntgenbilder zur Verfügung standen.

Abbildung 22 gibt eine Übersicht über die Anzahl vorliegender Dysplasietypen, Tabelle 17 stellt die genaue Aufschlüsselung nach Operationsmethode dar.

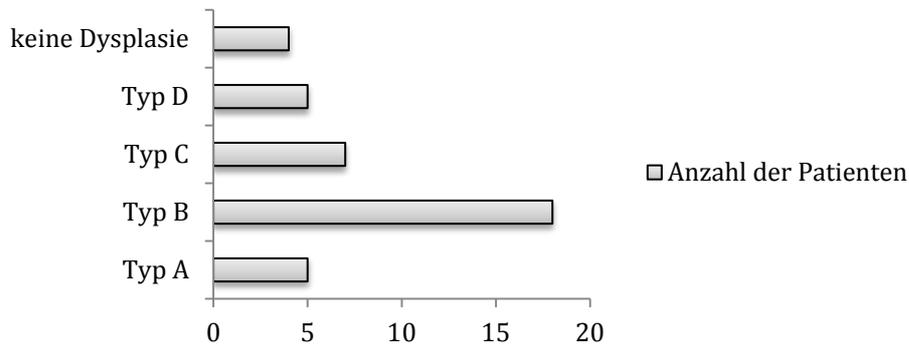


Abbildung 22: Im Patientenkollektiv vorliegende Dysplasieformen nach Déjour

Tabelle 17: Dysplasieformen nach OP-Methode getrennt (Anzahl der Patienten)

		MPFL-Augmentation	Mediale Raffung
Trochleadysplasie	Typ A	0	5
	Typ B	11	7
	Typ C	4	3
	Typ D	1	4
	keine	2	2
	unbekannt	8	-

Weder eine vorliegende Dysplasie noch die verschieden starke Ausprägung dieser ergab einen statistisch signifikanten Einfluss auf das postoperative Ergebnis zwischen beiden untersuchten Operationsgruppen (vgl. Tab. 18).

Tabelle 18: Zusammenhang zwischen Trochleadysplasie und Score-Ergebnis

OP-Methode x Dysplasiegrad	p-Wert	Interpretation
Kujala	0,4546	nicht signifikant
Lysholm&Gillquist	0,8510	nicht signifikant
Tegner	0,1903	nicht signifikant

3.4.3 Zusammenhang zwischen Patella Instability Severity Score und postoperativem Ergebnis

In der Untersuchung eines Zusammenhangs zwischen dem *Patella Instability Severity Score* und dem postoperativen funktionellen Ergebnis in Abhängigkeit von der durchgeführten OP-Methode wurde keine statistische Signifikanz gefunden.

Tabelle 19: Zusammenhang zwischen Patella Instability Severity Score, OP-Methode und postoperativem outcome

OP-Methode x Pat. Inst. Sev. Score	p-Wert	Interpretation
Kujala	0,3155	nicht signifikant
Lysholm&Gillquist	0,7724	nicht signifikant
Tegner	0,5824	nicht signifikant

4 Diskussion

In der vorliegenden retrospektiven Studie wurden zwei operative Verfahren zur Behandlung der patellofemorale Instabilität, die MPFL-Augmentation und die mediale Raffung, in Bezug auf das postoperative klinische *outcome* und die Reluxationshäufigkeit untersucht.

Durch das in den letzten Jahren zunehmend größer gewordene Verständnis und den kontinuierlichen Wissenszuwachs über die (Patho-)Anatomie der lateralen Patellaluxation muss die Therapie derselben differenzierter und auf den Patienten individuell abgestimmt betrachtet werden. Bedingt durch die anatomischen Verhältnisse weist die Patella bei 20-30°-Flexion den geringsten Widerstand bezüglich einer lateraler Luxation auf, sodass die Kniescheibe genau in diesem Bereich am häufigsten luxiert (Bedi und Marzo 2010).

Studien haben gezeigt, dass bei einem Großteil der Patienten, die eine Patellaluxation erleiden, eine Trochleadysplasie vom Typ Déjour A-D, eine Patella alta und/oder ein vergrößerter TT-TG Abstand vorliegt (Diederichs et al. 2010, Hennrikus und Pylawka 2013).

Das Risikoprofil der Studiengruppe in der vorliegenden Arbeit deckt sich mit dem in der Literatur beschriebenen. 74,5% der Patienten wiesen eine Trochleadysplasie auf und bei 42% war ein vergrößerter TT-TG Abstand zu ermitteln¹¹. In 68% der Fälle, in denen der Insall-Salvati Index bestimmt werden konnte, lag eine Patella alta vor, nur bei einem Patienten konnte dieser Risikofaktor sicher nicht nachgewiesen werden. (vgl. Kapitel 3.1.2).

In der Mehrzahl der Fälle geht eine Luxation mit der Ruptur des medialen patellofemorale Ligaments einher (Sallay et al. 1996, Tuxoe et al. 2002). Nicht immer ist es ausreichend, durch die operative Behandlung die Integrität verletzter Strukturen wiederherzustellen, sondern oftmals muss den weiteren vorliegenden Pathoanatomien Tribut gezollt werden. Dieser Aspekt macht die Therapie mit dem Ziel eines für die Patienten zufriedenstellenden Ergebnisses anspruchsvoll, da kein allgemeingültiger Behandlungsalgorithmus existiert. Vielmehr gilt es, das Vorgehen auf die individuellen Gegebenheiten beim Patienten abzustimmen. Verkompliziert wird die Wahl der richtigen Therapieform durch die Vielzahl an beschriebenen Methoden und Möglichkeiten in der Literatur, sich der patellofemorale Instabilität anzunehmen.

¹¹ Die Prozentsätze fallen etwas niedriger aus, da nicht von allen Patienten die Risikofaktoren bestimmt werden konnten.

4.1 Diskussion der verschiedenen Operationsmethoden

Bei der operativen Therapie lassen sich drei Möglichkeiten von Therapieansätzen unterscheiden. Zum einen können die passiven Weichteilstrukturen (laterales und mediales Retinakulum, MPFL), die knöchernen Stabilisatoren (Trochlea, Patella) und der aktive Streckapparat durch proximales (Versatz des M. vastus medialis obliquus) bzw. distales *Realignment* (Versatz der Tuberositas tibiae) adressiert werden.

Das *lateral release* zur Korrektur der passiven Weichteilstabilisatoren gehört mittlerweile der Vergangenheit an und sollte nur sehr eingeschränkt und bei absolut notwendiger Indikation¹² in Betracht gezogen werden. Selbst in Kombination mit einer MPFL-Rekonstruktion sollte diese Methode zurückhaltend angewendet werden, da hierbei weiterhin die Lateralisierungstendenz der Patella unterstützt wird (Bedi und Marzo 2010) und die stabilisierende Funktion der Weichteilhemmung in strecknahen Positionen durch ein *lateral release* verloren geht. Lattermann et al. konnten in einer Studie herausarbeiten, dass die anfängliche Zufriedenheit der Patienten, die sich einem *lateral release* unterzogen nach einem *follow-up* von 4 Jahren deutlich abnahm (Lattermann et al. 2007).

Die medialisierende Tuberositasosteotomie und der Versatz des VMO betreffen das distale bzw. proximale *Realignment* am Streckapparat. Ähnlich wie beim oben genannten *lateral release* sind die Ergebnisse inkonsistent (Brown et al. 1984, Nakagawa et al. 2002, Pidoriano et al. 1997). Wie bereits beschrieben kann der VMO erst ab einer Flexion von 60° eine stabilisierende Wirkung auf die Patella ausüben, bei diesem Beugegrad befindet sich diese allerdings bereits in der knöchernen Trochlea und ist weitgehend unabhängig von muskulärer Stabilisierung (Ahmed und Duncan 2000). Durch einen Versatz des VMO nach medial wird der Faserverlauf bzw. der Richtungsvektor des Muskels nicht verändert, sodass eine medialisierende Wirkung in strecknahen kritischen Positionen weiterhin ausbleibt. Die Medialisierung der Tuberositas tibiae kann einen pathologisch erhöhten TT-TG-Abstand und damit den lateralisierenden Vektor der Patella verringern, oftmals wird aber die zugrunde liegende Ursache eines erhöhten TT-TG-Abstands, wie eine dysplastische Trochlea oder Femurantetorsion (vgl. Kapitel 1.5.1.4), mit der alleinigen Tuberositasmialisierung nicht ausreichend behoben. Postoperative Komplikationen wie vermehrter Anpressdruck

¹² Kolowich et al. und Alemdaroglu et al. konnten in Studien eine der wenigen Indikationsstellungen für ein *lateral release* herausarbeiten: Sie sehen diese bei negativem passivem patellarem tilt (Kolowich) sowie einer retropatellaren Knorpelläsion gegeben (Alemdaroglu) (Alemdaroglu et al. 2008, Kolowich et al. 1990).

medialseitig und vorzeitige Arthrose erfordern eine strenge und genau Prüfung der Indikationsstellung.

In der Studiengruppe wurden 6 Patienten mit einer Kombination aus *lateral release*, Tuberositasosteotomie und medialer Raffung behandelt. Keiner der Patienten erlitt nach der Operation eine Relaxation. Nach einem *follow-up* von 2 Jahren wiesen alle Patienten gute bis sehr gute Ergebnisse in den funktionellen Knie-Scores auf und konnten Sport auf (nahezu) demselben Level treiben. In diesem Zusammenhang ist es schwierig, die Effizienz und den Einfluss des *lateral release* auf das funktionelle Ergebnis einzuordnen, da die Methode nicht isoliert durchgeführt wurde.

Die Trochleoplastik zur Korrektur knöcherner Stabilisatoren nimmt sich jener Patienten mit einer höhergradigen Trochleadysplasie (Typ B und D)¹³ und rezidivierenden Patellaluxationen an, bei denen alleinige Maßnahmen zur Weichteilstabilisierung und Prävention weiterer Luxationen unter Umständen nicht ausreichend sind. Ziel der Trochleoplastik ist es, die anormale Form der femoralen Trochlea zu korrigieren und es somit der Patella zu ermöglichen, in früher Flexion in ihr knöchernes Gleitlager einzutauchen. In den letzten Jahren wird die Trochleoplastik in der entsprechenden Patientenklientel zunehmend als Primär- und auch Revisionseingriff in unterschiedlichsten Techniken durchgeführt (Ntagiopoulos und Dejour 2014). Allen gemeinsam ist, dass die funktionellen Ergebnisse sowie Zufriedenheitswerte der behandelten Patienten sehr gut sind und Relaxationsraten von teilweise 0% berichtet werden. (Banke et al. 2014, Beaufils et al. 2012, Duncan et al. 2012). Gemeinsamer Konsens in der Literatur ist, dass die Indikation einer Trochleoplastik bei stattgehabter Luxation, hochgradiger Dysplasie (Typ B oder D) und vor allen Dingen nach vorangegangenen frustrierten Therapieversuchen besteht (Ntagiopoulos und Dejour 2014). Desweiteren sollte sie immer mit anderen, die Weichteilstrukturen (MPFL-Refixation) oder – wenn notwendig - össäre Strukturen adressierenden Verfahren kombiniert werden (Ntagiopoulos und Dejour 2014). Sowohl die Trochleoplastik als auch die Tuberositasosteotomie stellen nur bei Patienten mit bereits geschlossenen Wachstumsfugen und intakten Knorpelverhältnissen eine Therapieoption dar.

Oftmals ist jedoch eine Dysbalance oder Insuffizienz des medialen Halteapparats die Ursache einer Luxation der Patella nach lateral. Methoden, die dieses Missverhältnis adressieren, sind die mediale Raffung und die MPFL-Augmentation.

¹³ Typ C nur bei lateralem Trochleainklinationswinkel <17°

Die mediale Raffung wird recht häufig zur Stabilisierung der Patella angewandt. Nicht unwichtig ist hierbei die Tatsache, dass der operative Eingriff relativ einfach und wenig invasiv durchgeführt werden kann. Die teilweise guten klinischen Resultate sind nach Meinung einiger Autoren auf eine damit einhergehende akzidentelle bzw. unbeabsichtigte Rekonstruktion des MPFL zurückzuführen (Schmeling 2010), allerdings kann eine anatomisch nicht korrekte Raffung auch zu einer Dehnung des MPFL mit der oben beschriebenen Schmerzsymptomatik führen (Davis und Fithian 2002). In der Literatur sind für die mediale Raffung Relaxationsraten zwischen 9% (Vainionpaa et al. 1990) und 31% (Nikku et al. 1997) angegeben sowie Zufriedenheitswerte von 80% bzw. 67%. Dies deckt sich mit den Ergebnissen der hier untersuchten Studiengruppe, in der eine postoperative Relaxationsrate von 19,04% ermittelt werden konnte. Schoettle et al. konnten in einer Studie herausarbeiten, dass sich diese Methode vor allem für Patienten mit weniger ausgeprägter Trochleadysplasie eignet. Für hoch- oder höhergradige Dysplasien konnten signifikant niedrigere klinische *Scores* sowie höhere Relaxationsraten nach Therapie festgestellt werden (Schoettle et al. 2006). Dies deckt sich insofern mit dem Ergebnis der vorliegenden Untersuchung, als dass 50% der postoperativ relaxierten Patienten eine Typ D Dysplasie aufwiesen und mit alleiniger medialer Raffung behandelt wurden. Letztlich konnte aber kein signifikanter Unterschied im funktionellen Ergebnis im Vergleich zu Patienten mit niedriggradiger Dysplasie ermittelt werden. Mehrere Studien haben gezeigt, dass sich die Methode bei korrekter Indikationstellung sowohl für traumatische Erst- als auch chronisch-rezidivierende Luxationen eignet (Boddula et al. 2014, Cerciello et al. 2014, Miller et al. 2007).

Die Rekonstruktion des MPFL bietet sich vor allem zur Therapie der chronisch-rezidivierenden Patellaluxation an. Kurz- und mittelfristige Studien zeigten eine hohe Patientenzufriedenheit und niedrige Relaxationsraten für MPFL-rekonstruierende Methoden, auch als isolierte Operation ohne eine begleitende Trochleaplastik (Drez et al. 2001, Nomura et al. 2000b, Steiner et al. 2006 in Frosch et al. 2011, Feller et al. 2014, Sandmeier et al. 2000, Steensen et al. 2005, Steensen et al. 2004). Da das MPFL eine anatomische Struktur ist, können die beiden letztgenannten Ziele nur durch eine korrekte anatomische Rekonstruktion erreicht werden. Sowohl der flächige patelläre Ansatz als auch das femorale Insertionsareal müssen durch die Verankerung eines autologen freien Sehnentransplantats so genau wie möglich rekonstruiert werden. Fehlpositionierung des Bohrkanals und Länge des Transplantats können die Biomechanik des Gelenks gravierend verändern, mit der Folge

erhöhter Druckverhältnisse (vor allem des patellofemorale Anpressdrucks) und daraus resultierender Knorpelschäden, Schmerzen (Elias und Cosgarea 2006, Hopper et al. 2014) sowie einem damit einhergehenden erhöhten Risiko für Rezidivluxationen (Hautamaa et al. 1998, Nomura et al. 2000a). Ebenso beachtet werden sollte der Aspekt des Doppelbündels um die Rotation der Patella sowie die Medialisierung bei vollem Bewegungsumfang zu kontrollieren, da je nach Flexionsgrad entweder der proximale oder der distale Anteil des MPFL stabilisierend auf die Patella wirkt (Amis et al. 2003, Mountney et al. 2005 und Kapitel 1.3).

In der Literatur sind zahlreiche verschiedene Methoden einer MPFL-Rekonstruktion beschrieben (Arendt et al. 2002, Deie et al. 2003, Nomura und Inoue 2003, Steensen et al. 2004). Bei der Rekonstruktion durch ein autologes Sehnentransplantat unterscheiden sich die verschiedenen Methoden im Wesentlichen in der Verwendung unterschiedlicher Transplantate und in der Verankerung. Zur Verfügung stehen freie Transplantate wie die Gracilis-Sehne (Christiansen et al. 2008a) und die Patellar- (Steensen et al. 2005) oder Adduktor-magnus-Sehne (Jacobi et al. 2012). Sogenannte Einzelbündeltechniken, die sich einer Schwenkplastik bedienen, können die oben beschriebenen notwendigen Voraussetzungen nicht erfüllen, da hierbei nur eine punktförmige Insertion femoral- oder patellarseitig ermöglicht wird (Amis et al. 2003, Kang et al. 2010). In der Folge entsteht durch die fehlerhafte Biomechanik sowie unphysiologische Druckverhältnisse eine konsequente Fehl- und Überbelastung des patellofemorale Gelenks. Das postoperative Ergebnis der verschiedenen Fixierungstechniken (Arendt et al. 2002, Deie et al. 2003, Nomura und Inoue 2003, Steensen et al. 2004) unterschied sich allerdings nicht signifikant unter Berücksichtigung einer korrekten anatomischen Positionierung des MPFL in Doppelbündeltechnik (Nomura und Inoue 2003). Hopper et al. haben hierzu in einer aktuellen Studie einen signifikanten Zusammenhang zwischen dem klinischen *outcome* und der korrekten anatomischen Positionierung des femoralen Insertionspunktes herausgearbeitet (Hopper et al. 2014). Die Effektivität des Eingriffes hängt damit entscheidend von der Genauigkeit der anatomischen Rekonstruktion und weniger von der verwendeten Technik ab. In einer systematischen Literaturübersicht konnten Smith et al. bei verschiedenen Techniken der MPFL-Rekonstruktion eine Relaxationsrate von 5% ermitteln (Smith et al. 2007). Ebenso können Panagiotopoulos et al. (Panagiotopoulos et al. 2006) sowie Nomura et al. (Nomura et al. 2000b) von guten Ergebnissen berichten. Bezüglich der Relaxationsraten in der Gruppe der MPFL-Augmentation kommt diese Studie auf ähnliche Prozentangaben (7,9%).

Auch wenn die bisherigen positiven Ergebnisse in der Literatur überwiegen, so ist zu bedenken, dass auch diese Methode nicht in der Lage ist, künftige Reluxationen vollständig zu verhindern (Christiansen et al. 2008b, Nikku et al. 2005, Nikku et al. 1997, Sillanpaa et al. 2008). Nomura et al. haben bezüglich Patientenzufriedenheit und Arthroseraten vielversprechende und gute Langzeitergebnisse publiziert (Nomura et al. 2007).

Hinsichtlich des Operationszeitpunktes geben mehrere Studien eine klare Empfehlung bei gegebener Indikation den Abstand zwischen Erstluxation und Operation so gering wie möglich zu halten, da eine signifikante Korrelation zwischen einem langen Intervall von Luxation bis Operation und schlechtem klinischem Outcome besteht (Kruger et al. 1999, Nakagawa et al. 2002, Smith et al. 2011). Ursache hierfür scheinen das Alter, Voroperationen und das erhöhte Risiko, innerhalb dieses Intervalls degenerative Veränderungen aufgrund höhergradiger Knorpelschäden zu entwickeln, zu sein (Kruger et al. 1999).

4.2 Diskussion von Material und Methode

Um die Ergebnisse des kurzfristigen *follow-ups* nach den genannten durchgeführten Operationsmethoden zu erheben, wurde auf 3 klinische *Scores* zurückgegriffen, welche von den Patienten am Telefon beantwortet wurden. Alle Patienten wurden in derselben Reihenfolge der Fragebögen von der gleichen Person befragt. Mit dem Kujala-, dem Lysholm- & Gillquist- und dem Tegner-Aktivitätsscore wurden standardisierte, international anerkannte und vergleichbare Evaluationsverfahren zur Messung der Patientenzufriedenheit und Funktionalität verwendet.

Die beiden untersuchten Gruppen waren mit 21 (mediale Raffung) und 26 (MPFL-Augmentation) Patienten ausgeglichen. Das *follow-up* betrug 2 Jahre, damit handelt es sich um eine kurzfristige quantitative Erhebung. Die Geschlechterverteilung war in beiden Gruppen ausgeglichen (Gruppe mediale Raffung m/w: 10/11; Gruppe MPFL-Augmentation m/w: 10/16). Bezüglich des Alters lag insgesamt eine relativ heterogene Gruppe vor (10-36 Jahre). Das Durchschnittsalter bei Erstluxation betrug 19,05 Jahre, womit es die Zeitspanne des jungen, sportlich aktiven Menschen repräsentiert. In den beiden Subgruppen war das Alter mit durchschnittlich 18,6 Jahren in der MPFL-Gruppe und 20,3 Jahren in der Gruppe der medialen Raffung wiederum ausgeglichen. Die Risikofaktoren waren insgesamt bis auf den Patella tilt (Gruppe MPFL-Augmentation: 10, Gruppe mediale Raffung: 4) sowie die Patella alta (nur ein Patient ohne diesen Risikofaktor) ebenso nahezu gleich verteilt (siehe hierzu Tab. 1). Größere Unterschiede gab es in den Subgruppen der Trochleadysplasie, hier waren die verschiedenen Ausprägungsgrade sehr inhomogen verteilt (4 Patienten mit einer Dysplasie

Grad D in der Gruppe der medialen Raffung und ein Patient mit einer Dysplasie Grad D in der Gruppe MPFL-Augmentation), was die Analyse und Interpretation einer (nicht) bestehenden Signifikanz im *outcome* erschwerte. Als weiterer Kritikpunkt kann die relativ geringe Fallzahl in der vorliegenden Untersuchung gewertet werden.

4.3 Diskussion der Ergebnisse

Die Patellaluxation ist eine Verletzung des jungen, sportlich aktiven Menschen. Dies spiegelt sich in der Patientenklientel dieser Studie wider. Die Mehrzahl der Unfallereignisse fand während sportlicher Betätigung durch ein adäquates Trauma oder Fremdeinwirkung statt. Bei 5 Patienten handelte es sich um habituelle Luxationen¹⁴, die vor Operation konservativ mit unzufriedenstellenden Ergebnissen behandelt wurden. In diesen Fällen wurde zwei Mal eine MPFL-Plastik und drei Mal eine mediale Raffung durchgeführt ohne erneute postoperative Relaxation. Die Ergebnisse nach Operation für die mediale Raffung werden in der Literatur mit sehr gut und gut bewertet. Die Relaxationsraten schwanken zwischen 9% und 31% (Nikku et al. 2005, Vainionpaa et al. 1990). Die postoperativen Ergebnisse in der Studiengruppe bestätigen die in der Literatur auffindbaren (sehr) guten Ergebnisse. In der Gruppe der medialen Raffung gaben allerdings immerhin 19% (4 von 21) postoperativ weitere Relaxationen an. Die Ergebnisse sind unter folgenden Gesichtspunkten zu betrachten: 50% der Patienten (2 von 4) mit postoperativer Relaxation in der Gruppe der medialen Raffung wiesen eine Dysplasie Typ D auf, beide mit einem Wert von ≥ 4 im *Patella Instability Severity Score*. Bei beiden waren außerdem sämtliche weitere Faktoren, die das Risiko einer Relaxation erhöhen, aufzufinden und wurden nur mit einer alleinigen medialen Raffung ohne zusätzliche, die weiteren Pathologien adressierenden Verfahren, behandelt. Zwar erlitten auch 2 Patienten mit geringerer Ausprägung der Trochleadysplasie (Typ A und B) eine postoperative Relaxation, nur bei einem Patienten ließ sich allerdings ein weiterer Risikofaktor nachweisen (Patella alta). Die Patienten ohne erneute Relaxation wiesen niedriggradigere Dysplasieformen auf. Für alle Patienten der oben genannten Gruppe (Mediale Raffung) konnte in 50% der Fälle (Kujala-Score) und 87% (Lysholm- & Gillquist-Score) sehr gute und gute Ergebnisse dokumentiert werden. Ein signifikanter Einfluss der weiteren untersuchten Risikofaktoren (Patella alta, Patella-tilt, TT-TG Abstand) darauf konnte nicht gefunden werden. Diese Diskrepanz zwischen guten funktionellen Ergebnissen bei medialer Raffung und relativ hohen Relaxationsraten lässt sich auch in der Literatur wiederfinden (Cerciello et al. 2014). Folglich könnte die mediale Raffung für Risikofaktoren

¹⁴ rezidivierende Luxationen ohne adäquates Trauma

geringerer Ausprägung eine gute Behandlungsalternative darstellen. Für höhergradige Dysplasieformen gilt dies jedoch nicht. Die Begründung hierfür liefert die Methode selbst: Eine Stabilisierung in strecknahen Positionen bleibt durch den unveränderten Kraftvektor bei Muskelaktivierung aus und die ursächliche Pathologie der Instabilität wird nicht behoben. Studien wie die von Schoettle et al. bestätigen diese Annahme (Schoettle et al. 2006). In einer aktuellen mittel- bis langfristigen Studie publizierten Boddula et al. für die isolierte arthroskopische mediale Raffung gute Ergebnisse mit hohen Zufriedenheitswerten der Patienten auch nach langfristigem *follow-up*. Hierbei empfehlen sie die Methode bei rezidivierenden Patellaluxationen ohne vorher bestehende relevante Knorpelläsionen (Boddula et al. 2014). Entscheidender Faktor, ob die mediale Raffung Erfolg zeigt und dem Patienten einen Gewinn an Lebensqualität bringt, ist und bleibt die Berücksichtigung zugrundeliegender Pathologien und die Frage, ob diese mit der medialen Raffung ausreichend adäquat adressiert werden können (Hartmann et al. 2014). Bei Beachtung dieser Behandlungsgrundsätze kann die mediale Raffung eine geeignete Möglichkeit zur Therapie der traumatischen Patellaluxation darstellen.

Die Ergebnisse in der Gruppe der MPFL-Augmentation waren mit 34,6% sehr guten Angaben im Kujala-Score bzw. 61,5% sehr guten und 19,2% guten Angaben im Lysholm- & Gilquist-Score zufriedenstellend und lassen sich auch in der Literatur wiederfinden. Die Relaxationsrate der untersuchten Gruppe betrug 7,9%, in der Literatur sind Angaben von 5% zu finden (Smith et al. 2007). Die Patienten mit postoperativer Relaxation wiesen eine Trochleadysplasie Typ B sowie eine Patella alta auf, einer der Patienten einen erhöhten TT-TG Abstand und bei beiden war das Risiko eine Relaxation zu erleiden mit einem Wert von ≤ 3 im *Patella Instability Severity Score* als moderat einzustufen. Insgesamt war das subjektive und funktionelle Ergebnis bei beiden Patienten sehr gut. So sind analog zur medialen Raffung auch bei der MPFL-Augmentation die Auswahl des geeigneten Patientenguts, die sorgfältige operative Durchführung und die Beachtung vorliegender zusätzlicher Risikofaktoren und deren adäquate Therapie das Fundament einer erfolgreichen Therapie (Balcarek et al. 2014, Nelitz et al. 2014, Vavken et al. 2013). 61% der Patienten in der Studiengruppe, die sich einer MPFL-Augmentation unterzogen, litten präoperativ unter rezidivierenden Patellaluxationen. Keiner unter ihnen hatte nach durchgeführter Operation weitere Relaxationsereignisse zu verzeichnen. Ein Patient in der Gruppe der medialen Raffung mit präoperativen rezidivierenden Luxationen erlitt auch postoperativ eine Relaxation. Bei ihm waren sämtliche Risikofaktoren stark ausgeprägt, was hierfür die Begründung liefern und als Hinweis darauf

gedeutet werden kann, dass bei starker Ausprägung sämtlicher Risikofaktoren die mediale Raffung als Behandlungsoption nicht ausreichend ist.

Zwar stellt die MPFL-Augmentation die technisch anspruchsvollere und auch komplikationsträchtigere Methode für den Operateur dar, die hierzu publizierten funktionellen Ergebnisse bei isolierter oder kombinierter Anwendung mit gleichzeitig niedrigen Relaxationsraten sind aber vielversprechend (Feller et al. 2014).

In der Untersuchung des körperlichen Aktivitätsniveaus in Beruf, Alltag und Freizeit ergaben beide Operationsmethoden gleichwertige Resultate ohne Hinweis auf eine signifikante Überlegenheit der einen Methode gegenüber der anderen. Im Mittel verringerte sich zwar das Aktivitätsniveau von 5 auf 4 Punkte im Tegner-Aktivitätsscore, dies ist vor allen Dingen der Tatsache geschuldet, dass unter den Befragten viele Patienten waren, die vor dem Erstereignis Sport auf einem hohen Leistungsniveau betrieben haben und im *Score* hoch eingestuft wurden. Postoperativ verloren diese Patienten zwar einen Punktwert, blieben jedoch weiterhin auf einem hohen sportlichen Niveau aktiv. In der Konsequenz heißt dies, dass sowohl die mediale Raffung als auch die MPFL-Augmentation es den Patienten ermöglicht, nach Relaxation und angemessener Therapie weiterhin sportlich aktiv zu sein oder ihr ursprüngliches Niveau wieder zu erreichen.

Der Einfluss höhergradiger Dysplasien im vorliegenden Kollektiv der MPFL-Augmentation (Typ C: 4 Patienten, Typ D: 1 Patienten) ergab keinen signifikanten Unterschied im postoperativen *outcome*. In der Literatur wird jedoch die Meinung vertreten, dass bei hochgradiger Dysplasie eine alleinige MPFL-Augmentation nicht ausreichend ist, sondern mit einer Trochleaplastik kombiniert werden sollte (Banke et al. 2014, Hopper et al. 2014, Koh und Stewart 2014). In der Gruppe der medialen Raffung wiesen 4 Patienten eine Dysplasie Typ D, 7 Patienten eine Dysplasie Grad B und 5 Patienten eine Dysplasie Typ A auf. Ein signifikanter Unterschied im funktionellen Ergebnis wurde für die verschiedenen Dysplasieausprägungen nicht gefunden. Allerdings ist die Interpretation des Ergebnisses in Anbetracht der insgesamt unterrepräsentierten Gruppe mit einer Dysplasie Typ D mit Einschränkungen zu betrachten. Die fehlende Signifikanz im postoperativen *outcome* spricht für die Möglichkeit einer medialen Raffung bei geringgradiger Dysplasie bzw. legitimiert dieses Vorgehen und gibt ihm einen Stellenwert in der Therapie der rezidivierenden Patellaluxation. Für den Einfluss des TT-TG Abstands konnte in beiden Gruppen ebenso kein signifikanter Unterschied im postoperativen *outcome* festgestellt werden.

Die Annahme, dass Patienten mit bereits stattgehabter Luxation ein erhöhtes Risiko zukünftiger Instabilitäts-/ Luxationsepisoden aufweisen, steht außer Frage. Der für beide

operative Gruppen bestimmte *Patella Instability Severity Score* konnte das Ergebnis einer nicht bestehenden Signifikanz bezüglich des funktionellen Ergebnisses zwischen beiden Methoden untermauern. Dies bestätigt die Auffassung, dass bei korrekter Indikationsstellung unter Berücksichtigung der individuellen prädisponierenden Faktoren sowohl die mediale Raffung als auch die MPFL-Augmentation gute Ergebnisse liefern kann.

4.4 Limitationen der vorliegenden Studie

Vor den sich anschließenden Schlussfolgerungen und einer abschließenden Zusammenfassung sollen an dieser Stelle kritische Aspekte und Limitationen der Studie betrachtet werden:

- Retrospektivität und die damit verbundenen Schwierigkeiten, sich genau an die präoperative Zeit zu erinnern sowie die dadurch bedingte fehlende Randomisierung.
- keine exakte Einteilung der Patienten in eine der beiden Gruppen, da ein Teil Kombinationseingriffe (z.B. *lateral release* und mediale Raffung) erfahren hatte, dadurch Kompromisse bei der Gruppeneinteilung gemacht werden mussten und damit Heterogenität innerhalb der zu untersuchenden Gruppen besteht.
- aufgrund des hohen *drop-out* ein relativ zu kleines Patientenkollektiv und damit einhergehende Probleme in der statistischen Analyse (vgl. Kapitel 2.1 Patientenkollektiv).
- ungleiche Verteilung der Risikofaktoren (Bsp. nur ein Patient ohne Patella alta (vgl. Kapitel 3.1.2 und Kapitel 4), wenige Patienten mit höhergradiger Trochleadysplasie)

4.5 Schlussfolgerung und abschließende Zusammenfassung

Insgesamt ergibt sich daraus eine erschwerte Vergleichbarkeit der untersuchten Gruppen. Der Einfluss der Risikofaktoren konnte zum Teil nicht eindeutig herausgearbeitet werden, da die Verteilung innerhalb der beiden Gruppen zu inhomogen war und sich dadurch zu kleine Subgruppen (Dysplasie Typ A-D) für die statistische Auswertung bildeten. Die Patienten mit höhergradiger Trochleadysplasie wurden sowohl in der Gruppe der medialen Raffung als auch der MPFL-Augmentation mit kombinierten Verfahren behandelt, entweder mit zusätzlicher Tuberositasosteomie oder einer Trochleoplastik. Leider konnte aufgrund des oben genannten Aspekts keine isolierte Analyse der Ergebnisse dieser Gruppen durchgeführt und diese miteinander verglichen werden, sodass an dieser Stelle keine Aussage über die Effektivität, das postoperative *outcome* und die subjektive Zufriedenheit bei höhergradiger Dysplasie gemacht werden kann. Bezüglich der niedrig ausgeprägten Dysplasien scheint es

keine Überlegenheit der einen oder anderen Methode zu geben, was das Ergebnis in den klinischen *Scores* betrifft. Bei Betrachtung der Reluxationsraten weist die Gruppe der medialen Raffung einen höheren Prozentsatz auf als die MPFL-Augmentation. 50% der reluxierten Patienten in der medialen Raffung wiesen sämtliche Risikofaktoren in hoher Ausprägung auf und wurden ohne zusätzliche Maßnahmen operiert. Letztlich kann dies als Bestätigung gewertet werden, dass in diesen Fällen die mediale Raffung als alleinige Operation nicht ausreichend ist. In den weiteren Fällen konnte im Vergleich der beiden Reluxationsgruppen weder ein Unterschied in der Verteilung der Risikofaktoren noch im funktionellen Ergebnis detektiert werden.

Insgesamt war auch unter Berücksichtigung der Risikofaktoren kein statistisch signifikanter Unterschied im *outcome* in den untersuchten Gruppen zu messen. Letztendlich sind nach der vorliegenden Untersuchung die beiden Methoden bei korrekter Indikationsstellung in ihrem Ergebnis als gleichwertig anzusehen. Schlussfolgernd ist zu sagen, dass die mediale Raffung bei rezidivierenden Luxationen mit Ruptur des medialen Kapsel-Bandapparates ohne weitere Risikofaktoren in jedem Fall einen Stellenwert in der Therapie der Patellaluxation einnimmt. Bei Vorliegen mehrerer Risikofaktoren - inklusive einer höhergradigen Trochleadysplasie - sollte an eine MPFL-Augmentation zur Verstärkung des mediallyseitigen Halteapparats gedacht werden.

Anhang

Kujala-Score:

<p>1. Hinken</p> <ul style="list-style-type: none"> - keines (5) - gering oder zeitweise (3) - dauerhaft (0) <p>2. Belastbarkeit</p> <ul style="list-style-type: none"> - keine Einschränkungen (5) - schmerzhaft (3) - unmöglich (0) <p>3. Gehfähigkeit</p> <ul style="list-style-type: none"> - unbegrenzt (5) - > 2 km (3) - 1-2 km (2) - unmöglich (0) <p>4. Schmerzen beim Treppensteigen</p> <ul style="list-style-type: none"> - keine (10) - gering b. Abwärtsgehen (8) - beim Auf- und Abwärtsgehen (5) - unmöglich (0) <p>5. Schmerzen beim Knien</p> <ul style="list-style-type: none"> - keine (5) - bei wiederholtem Knien (4) - immer (3) - möglich mit Teilbelastung (2) - unmöglich (0) <p>6. Rennen und Laufen</p> <ul style="list-style-type: none"> - keine Einschränkungen (10) - Schmerz nach 2 km (8) - leichter Schmerz ab Beginn (6) - starker Schmerz (3) - unmöglich (0) <p>7. Hüpfen</p> <ul style="list-style-type: none"> - keine Einschränkung (10) - leichte Einschränkung (7) - dauerhafter Schmerz (3) - unmöglich (0) 	<p>8. Sitzen mit gebeugten Knien</p> <ul style="list-style-type: none"> - keine Einschränkung (10) - Schmerz nach Belastung (8) - dauerhafter Schmerz (5) - Schmerz erfordert Streckung (3) - unmöglich (0) <p>9. Schwellung</p> <ul style="list-style-type: none"> - keine (10) - nach starker Belastung (8) - nach tägl. Aktivitäten (6) - jeden Abend (4) - dauerhaft (0) <p>10. Anormale Patellabeweglichkeit</p> <ul style="list-style-type: none"> - keine (10) - manchmal beim Sport (6) - manchmal nach tgl. Aktivitäten (4) - eine dokumentierte Relaxation (2) - mehr als 2 Relaxationen (0) <p>11. Muskelatrophie</p> <ul style="list-style-type: none"> - keine (5) - leicht (3) - schwer (0) <p>12. Beugedefizit</p> <ul style="list-style-type: none"> - keines (5) - leicht (3) - schwer (0) <p>13. Schmerzen</p> <ul style="list-style-type: none"> - keine (10) - leicht und gelegentlich (8) - konstant/ dauerhaft (6) - gelegentlich stark (3) - dauerhaft stark (0)
---	---

≤ 64 Punkte = schlechtes Ergebnis

≥ 65 ≤ 84 Punkte = mittelmäßiges Ergebnis

≥ 85 Punkte = gut/ sehr gutes Ergebnis

Kniescore nach Lysholm & Gillquist:**Hinken**

Kein Hinken	5
Zeitweiliges Hinken	3
Dauerndes Hinken	0

Treppensteigen

Keine Probleme	10
Etwas beeinträchtigt	6
Stufe für Stufe	2
Unmöglich	0

Instabilität

Kein „giving way“	30
Selten beim Sport	25
Häufiger beim Sport/Sportunfähigkeit	20
Gelegentlich im Alltag	10
Häufig im Alltag	5
Bei jedem Schritt	0

Schwellung

Keine Schwellung	10
Nach „giving way“	7
Nach schwerer Belastung (Sport)	5
Nach normaler Belastung	2
Dauernde Schwellung	0

Stockhilfe

Keine Stockhilfe	5
Stock oder Gehstütze	3
Belastung unmöglich	0

In die Hocke gehen

Keine Probleme	5
Etwas beeinträchtigt	4
Nicht über 90° Kniebeugung	2
Unmöglich	0

Schmerzen

Keine Schmerzen	30
Manchmal leichte Schmerzen	25
In Zusammenhang mit „giving way“	20
Erheblich bei sportlicher Belastung	15
Erheblich beim Gehen über 2 km	10
Erheblich beim Gehen unter 2 km	5
Dauernde schwere Schmerzen	0

Atrophie des Oberschenkels

Keine Atrophie	5
1-2 cm im Vergleich zur Gegenseite	3
Mehr als 2 cm zur Gegenseite	0

90-100 Punkte = sehr gutes Ergebnis

80-89 Punkte = gutes Ergebnis

70-79 Punkte = befriedigendes Ergebnis

< 70 Punkte = schlechtes Ergebnis

Tegner-Aktivitätsscore:

0	Arbeit: nicht möglich
1	Arbeit: sitzende Tätigkeiten können ausgeführt werden Sport: Gehen auf ebenem Boden möglich
2	Arbeit: leichte Arbeit möglich Sport: Gehen auf unebenem Boden möglich, Gehen im Wald nicht möglich
3	Arbeit: leichte Arbeit möglich Sport: Freizeitsport (Schwimmen) möglich, Gehen im Wald möglich
4	Arbeit: mittelschwere Arbeit möglich (Fernfahrer, schwere Hausarbeit) Sport: <i>Freizeitsport:</i> Radfahren, Langlauf, Jogging auf unebenem Boden mindestens zweimal wöchentlich
5	Arbeit: schwere Tätigkeiten (Bauarbeiter, Waldarbeiter) Sport: <i>Freizeitsport:</i> Jogging auf unebenem Gelände mindestens zweimal wöchentlich <i>Wettkampfsport:</i> Radfahren, Skilanglauf
6	Sport: <i>Freizeitsport:</i> Tennis, Badminton, Handball, Basketball, Skifahren, Jogging mindestens fünfmal pro Woche
7	Sport: <i>Wettkampfsport:</i> Tennis, Leichtathletik (Laufdisziplinen), Motocross, Handball, Basketball <i>Freizeitsport:</i> Fußball, Rasen-Hockey, Squash, Leichtathletik (Sprungdisziplinen), Crosslauf
8	Sport: <i>Wettkampfsport:</i> Squash, Badminton, Leichtathletik (Sprungdisziplinen), Abfahrtslauf/ Slalom
9	Sport: <i>Wettkampfsport:</i> Fußball untere Liga, Eishockey, Ringen, Turnen
10	Sport: <i>Wettkampfsport:</i> Sportler einer Nationalliga, internationale Wettkämpfe

Patienten-Dokumentationsbogen:

Entnommene Angaben aus der Patientenakte:

1. Geburtsdatum:
2. Geschlecht:
3. Größe, Gewicht:
4. Datum der Erstluxation und Alter bei Erstluxation:
5. Seite:
 - a. Rechts
 - b. Links
 - c. beidseitig
6. Mechanismus:
 - a. adäquat: traumatisch oder durch Fremdeinwirkung
 - b. inadäquat: habituelle Luxation
7. Bildgebende Diagnostik mit Röntgen-/ MRT-Befund
8. Therapie:
 - a. Initial konservativ
 - b. Initial operativ (OP-Datum)
 - c. Initial konservativ, danach Operation (OP-Datum)
9. Relaxation vor konservativer/ operativer Therapie:
 - a. Ja, und Anzahl der Rezidive
 - b. Nein
10. Relaxation nach konservativer/ operativer Therapie:
 - a. Ja, Zeitpunkt, Mechanismus und Anzahl der Rezidive
 - b. Nein
11. Risikofaktoren:
 - a. Trochleadysplasie: Typ A-D
 - b. TT-TG Abstand: $>/< 16$ mm
 - c. Insall-Salvati Index (Patella alta): $>/< 1,2$
 - d. Patella tilt: $>/< 20^\circ$

Telefonisch erfragte Angaben:

12. Funktionelles Ergebnis:
 - a. Kujala-Score: Punktwert prä-/ postoperativ
 - b. Lysholm- & Gillquist-Score: Punktwert prä-/ und postoperativ
 - c. Tegner-Aktivitätsscore: Punktwert prä- / und postoperativ

Literaturverzeichnis

A

- Aglietti P BR, Insall J: Disorders of the patellofemoral joint., In: Insall JN, Scott WN (Hrsg.): Surgery of the knee. 3. Auflage; Churchill-Livingstone, Philadelphia, 2001, 913-1043
- Ahmed AM, Duncan NA (2000): Correlation of patellar tracking pattern with trochlear and retropatellar surface topographies. *J Biomech Eng* 122 (6), 652-660
- Alemdaroglu KB, Cimen O, Aydogan NH, Atlihan D, Iltar S (2008): Early results of arthroscopic lateral retinacular release in patellofemoral osteoarthritis. *Knee* 15 (6), 451-455
- Amis AA, Firer P, Mountney J, Senavongse W, Thomas NP (2003): Anatomy and biomechanics of the medial patellofemoral ligament. *Knee* 10 (3), 215-220
- Amis AA, Senavongse W, Bull AM (2006): Patellofemoral kinematics during knee flexion-extension: an in vitro study. *J Orthop Res* 24 (12), 2201-2211
- Arendt EA, Fithian DC, Cohen E (2002): Current concepts of lateral patella dislocation. *Clin Sports Med* 21 (3), 499-519
- Atkin DM, Fithian DC, Marangi KS, Stone ML, Dobson BE, Mendelsohn C (2000): Characteristics of patients with primary acute lateral patellar dislocation and their recovery within the first 6 months of injury. *Am J Sports Med* 28 (4), 472-479

B

- Balcarek P, Frosch K-H (2012): Die Patellaluxation im Kindes- und Jugendalter. *Arthroskopie* 25 (4), 266-274
- Balcarek P, Ammon J, Frosch S, Walde TA, Schuttrumpf JP, Ferlemann KG, Lill H, Sturmer KM, Frosch KH (2010a): Magnetic resonance imaging characteristics of the medial patellofemoral ligament lesion in acute lateral patellar dislocations considering trochlear dysplasia, patella alta, and tibial tuberosity-trochlear groove distance. *Arthroscopy* 26 (7), 926-935
- Balcarek P, Jung K, Ammon J, Walde TA, Frosch S, Schuttrumpf JP, Sturmer KM, Frosch KH (2010b): Anatomy of lateral patellar instability: trochlear dysplasia and tibial tubercle-trochlear groove distance is more pronounced in women who dislocate the patella. *Am J Sports Med* 38 (11), 2320-2327
- Balcarek P, Oberthur S, Hopfensitz S, Frosch S, Walde TA, Wachowski MM, Schuttrumpf JP, Sturmer KM (2014): Which patellae are likely to redislocate? *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 22 (10), 2308-2314
- Banke IJ, Kohn LM, Meidinger G, Otto A, Hensler D, Beitzel K, Imhoff AB, Schottle PB (2014): Combined trochleoplasty and MPFL reconstruction for treatment of chronic patellofemoral instability: a prospective minimum 2-year follow-up study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 22 (11), 2591-2598

Beaufils P, Thaunat M, Pujol N, Scheffler S, Rossi R, Carmont M (2012): Trochleoplasty in major trochlear dysplasia: current concepts. *Sports Med Arthrosc Rehabil Ther Technol* 4 7

Bedi H, Marzo J (2010): The biomechanics of medial patellofemoral ligament repair followed by lateral retinacular release. *Am J Sports Med* 38 (7), 1462-1467

Boddula MR, Adamson GJ, Pink MM (2014): Medial reefing without lateral release for recurrent patellar instability: midterm and long-term outcomes. *Am J Sports Med* 42 (1), 216-224

Brown DE, Alexander AH, Lichtman DM (1984): The Elmslie-Trillat procedure: evaluation in patellar dislocation and subluxation. *Am J Sports Med* 12 (2), 104-109

Buchner M, Baudendistel B, Sabo D, Schmitt H (2005): Acute traumatic primary patellar dislocation: long-term results comparing conservative and surgical treatment. *Clin J Sport Med* 15 (2), 62-66

C

Cash JD, Hughston JC (1988): Treatment of acute patellar dislocation. *Am J Sports Med* 16 (3), 244-249

Cerciello S, Lustig S, Costanzo G, Neyret P (2014): Medial retinaculum reefing for the treatment for patellar instability. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 22 (10), 2505-2512

Christiansen SE, Jacobsen BW, Lund B, Lind M (2008a): Reconstruction of the medial patellofemoral ligament with gracilis tendon autograft in transverse patellar drill holes. *Arthroscopy* 24 (1), 82-87

Christiansen SE, Jakobsen BW, Lund B, Lind M (2008b): Isolated repair of the medial patellofemoral ligament in primary dislocation of the patella: a prospective randomized study. *Arthroscopy* 24 (8), 881-887

Conlan T, Garth WP, Jr., Lemons JE (1993): Evaluation of the medial soft-tissue restraints of the extensor mechanism of the knee. *J Bone Joint Surg Am* 75 (5), 682-693

D

Dandy DJ (1996): Chronic patellofemoral instability. *J Bone Joint Surg Br* 78 (2), 328-335

Davis DK, Fithian DC (2002): Techniques of medial retinacular repair and reconstruction. *Clin Orthop Relat Res* (402), 38-52

Deie M, Ochi M, Sumen Y, Yasumoto M, Kobayashi K, Kimura H (2003): Reconstruction of the medial patellofemoral ligament for the treatment of habitual or recurrent dislocation of the patella in children. *J Bone Joint Surg Br* 85 (6), 887-890

Dejour D, Saggin P (2010): The sulcus deepening trochleoplasty-the Lyon's procedure. *Int Orthop* 34 (2), 311-316

Dejour H, Walch G, Nove-Josserand L, Guier C (1994): Factors of patellar instability: an anatomic radiographic study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2 (1), 19-26

Desio SM, Burks RT, Bachus KN (1998): Soft tissue restraints to lateral patellar translation in the human knee. *Am J Sports Med* 26 (1), 59-65

Diederichs G, Issever AS, Scheffler S (2010): MR imaging of patellar instability: injury patterns and assessment of risk factors. *Radiographics* 30 (4), 961-981

Drez D, Jr., Edwards TB, Williams CS (2001): Results of medial patellofemoral ligament reconstruction in the treatment of patellar dislocation. *Arthroscopy* 17 (3), 298-306

Duncan ST, Noehren BS, Lattermann C (2012): The role of trochleoplasty in patellofemoral instability. *Sports Med Arthrosc* 20 (3), 171-180

E

Elias DA, White LM, Fithian DC (2002): Acute lateral patellar dislocation at MR imaging: injury patterns of medial patellar soft-tissue restraints and osteochondral injuries of the inferomedial patella. *Radiology* 225 (3), 736-743

Elias JJ, Cosgarea AJ (2006): Technical Errors During Medial Patellofemoral Ligament Reconstruction Could Overload Medial Patellofemoral Cartilage A Computational Analysis. *Am J sports Med* 34 (9), 1478-1485

F

Feller JA, Richmond AK, Wasiaak J (2014): Medial patellofemoral ligament reconstruction as an isolated or combined procedure for recurrent patellar instability. *Knee Surg, Sports Traumatol, Arthrosc* 22 (10), 2470-2476

Fithian DC, Paxton EW, Stone ML, Silva P, Davis DK, Elias DA, White LM (2004): Epidemiology and natural history of acute patellar dislocation. *Am J Sports Med* 32 (5), 1114-1121

Frosch S, Balcarek P, Walde TA, Schuttrumpf JP, Wachowski MM, Ferleman KG, Sturmer KM, Frosch KH (2011): [The treatment of patellar dislocation: a systematic review]. *Z Orthop Unfall* 149 (6), 630-645

H

Hartmann F, Dietz SO, Rommens PM, Gercek E (2014): Long-term outcome after operative treatment of traumatic patellar dislocation in adolescents. *J Orthop Trauma* 28 (3), 173-180

Hautamaa PV, Fithian DC, Kaufman KR, Daniel DM, Pohlmeier AM (1998): Medial soft tissue restraints in lateral patellar instability and repair. *Clin Orthop Relat Res* (349), 174-182

Hawkins RJ, Bell RH, Anisette G (1986): Acute patellar dislocations. The natural history. *Am J Sports Med* 14 (2), 117-120

Hennrikus W, Pylawka T (2013): Patellofemoral instability in skeletally immature athletes. *Instr Course Lect* 62 445-453

Hinton RY, Sharma KM (2003): Acute and recurrent patellar instability in the young athlete. *Orthop Clin North Am* 34 (3), 385-396

Hopper GP, Leach WJ, Rooney BP, Walker CR, Blyth MJ (2014): Does degree of trochlear dysplasia and position of femoral tunnel influence outcome after medial patellofemoral ligament reconstruction? *Am J Sports Med* 42 (3), 716-722

Horikawa A, Kodama H, Miyakoshi N, Yamada S, Miyamoto S (2011): Recurrent dislocation of the patella accompanying hypotrochlea of the femur and malalignment of the patella. *Upsala journal of medical sciences* 116(4): 285-288.

J

Jacobi M, Reischl N, Bergmann M, Bouaicha S, Djonov V, Magnussen RA (2012): Reconstruction of the medial patellofemoral ligament using the adductor magnus tendon: an anatomic study. *Arthroscopy* 28 (1), 105-109

K

Kang HJ, Wang F, Chen BC, Su YL, Zhang ZC, Yan CB (2010): Functional bundles of the medial patellofemoral ligament. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 18 (11), 1511-1516

Kasim N, Fulkerson J (2000): Acute and chronic injuries to the patellofemoral joint. In: Garrett WE Jr, Speer KP, Kirkendall DT (Hrsg.): *Principles and practice of orthopaedic sports medicine*. Lippincott Williams and Wilkins, Philadelphia, 2000 709-742

Koh JL, Stewart C (2014): Patellar instability. *Clin Sports Med* 33 (3), 461-476

Kolowich PA, Paulos LE, Rosenberg TD, Farnsworth S (1990): Lateral release of the patella: indications and contraindications. *Am J Sports Med* 18 (4), 359-365

Kruger T, Birke A, Decker T, Roder T, Hein W (1999): Results of the Elmslie-Trillat procedure in cases of patella(sub)luxation related to chondral pathology. *Unfallchirurg* 102 (9), 700-707

L

LaPrade RF, Engebretsen AH, Ly TV, Johansen S, Wentorf FA, Engebretsen L (2007): The anatomy of the medial part of the knee. *J Bone Joint Surg Am* 89 (9), 2000-2010

Lattermann C, Toth J, Bach BR Jr. (2007): The role of lateral retinacular release in the treatment of patellar instability. *Sports Med Arthrosc* 15 (2), 57-60

M

- Ma LF, Wang F, Chen BC, Wang CH, Zhou JW, Wang HY (2013): Medial retinaculum plasty versus medial patellofemoral ligament reconstruction for recurrent patellar instability in adults: a randomized controlled trial. *Arthroscopy* 29 (5), 891-897
- Maenpaa H, Lehto MU (1997): Patellofemoral osteoarthritis after patellar dislocation. *Clin Orthop Relat Res* (339), 156-162
- Miller JR, Adamson GJ, Pink MM, Fraipont MJ, Durand P, Jr. (2007): Arthroscopically assisted medial reefing without routine lateral release for patellar instability. *Am J Sports Med* 35 (4), 622-629
- Mountney J, Senavongse W, Amis AA, Thomas NP (2005): Tensile strength of the medial patellofemoral ligament before and after repair or reconstruction. *J Bone Joint Surg Br* 87 (1), 36-40

N

- Nakagawa K, Wada Y, Minamide M, Tsuchiya A, Moriya H (2002): Deterioration of long-term clinical results after the Elmslie-Trillat procedure for dislocation of the patella. *J Bone Joint Surg Br* 84 (6), 861-864
- Nelitz M, Williams RS, Lippacher S, Reichel H, Dornacher D (2014): Analysis of failure and clinical outcome after unsuccessful medial patellofemoral ligament reconstruction in young patients. *Int Orthop* 38 (11), 2265-2272
- Nikku R, Nietosvaara Y, Kallio PE, Aalto K, Michelsson JE (1997): Operative versus closed treatment of primary dislocation of the patella. Similar 2-year results in 125 randomized patients. *Acta Orthop Scand* 68 (5), 419-423
- Nikku R, Nietosvaara Y, Aalto K, Kallio PE (2005): Operative treatment of primary patellar dislocation does not improve medium-term outcome: A 7-year follow-up report and risk analysis of 127 randomized patients. *Acta Orthop* 76 (5), 699-704
- Nomura E, Inoue M (2003): Surgical technique and rationale for medial patellofemoral ligament reconstruction for recurrent patellar dislocation. *Arthroscopy* 19 (5), E47
- Nomura E, Horiuchi Y, Kihara M (2000a): Medial patellofemoral ligament restraint in lateral patellar translation and reconstruction. *Knee* 7 (2), 121-127
- Nomura E, Horiuchi Y, Kihara M (2000b): A mid-term follow-up of medial patellofemoral ligament reconstruction using an artificial ligament for recurrent patellar dislocation. *Knee* 7 (4), 211-215
- Nomura E, Inoue M, Kobayashi S (2007): Long-term follow-up and knee osteoarthritis change after medial patellofemoral ligament reconstruction for recurrent patellar dislocation. *Am J Sports Med* 35 (11), 1851-1858

Ntagiopoulos PG, Dejour D (2014): Current concepts on trochleoplasty procedures for the surgical treatment of trochlear dysplasia. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 22 (10), 2531-2539

P

Palmu S, Kallio PE, Donell ST, Helenius I, Nietosvaara Y (2008): Acute patellar dislocation in children and adolescents: a randomized clinical trial. *J Bone Joint Surg Am* 90 (3), 463-470

Panagiotopoulos E, Strzelczyk P, Herrmann M, Scuderi G (2006): Cadaveric study on static medial patellar stabilizers: the dynamizing role of the vastus medialis obliquus on medial patellofemoral ligament. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 14 (1), 7-12

Panni AS, Vasso M, Cerciello S (2013): Acute patellar dislocation. What to do? *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 21 (2), 275-278

Parikh SN, Nathan ST, Wall EJ, Eismann EA (2013): Complications of medial patellofemoral ligament reconstruction in young patients. *Am J Sports Med* 41 (5), 1030-1038

Phillips C, Silver D, Schranz P, Mandalia V (2010): The measurement of patellar height A REVIEW OF THE METHODS OF IMAGING. *Journal of Bone & Joint Surgery, British Volume* 92 (8), 1045-1053

Pidoriano AJ, Weinstein RN, Buuck DA, Fulkerson JP (1997): Correlation of patellar articular lesions with results from anteromedial tibial tubercle transfer. *Am J Sports Med* 25 (4), 533-537

R

Rangger C, Goost H, Kabir K, Burger C (2006): Bone bruise. *Trauma und Berufskrankheit* 8 (2), S178-S181

S

Sallay PI, Poggi J, Speer KP, Garrett WE (1996): Acute dislocation of the patella. A correlative pathoanatomic study. *Am J Sports Med* 24 (1), 52-60

Sandmeier RH, Burks RT, Bachus KN, Billings A (2000): The effect of reconstruction of the medial patellofemoral ligament on patellar tracking. *Am J Sports Med* 28 (3), 345-349

Schiedel F, Probst A, Buller TC, Rodl R (2009): The postoperative patella height: a comparison of additive and subtractive high tibial osteotomy in correcting the genu varum. *Arch Orthop Trauma Surg* 129 (9), 1271-1277

Schmelting A: Aktuelle Aspekte der patellofemorale Instabilität. Stiftung zur Förderung der Arthroskopie 2010, o. O.

Schottle PB, Scheffler SU, Schwarck A, Weiler A (2006): Arthroscopic medial retinacular repair after patellar dislocation with and without underlying trochlear dysplasia: a preliminary report. *Arthroscopy* 22 (11), 1192-1198

Seil R, Muller B, Georg T, Kohn D, Rupp S (2000): Reliability and interobserver variability in radiological patellar height ratios. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 8 (4), 231-236

Senavongse W, Amis AA (2005): The effects of articular, retinacular, or muscular deficiencies on patellofemoral joint stability: a biomechanical study in vitro. *J Bone Joint Surg Br* 87 (4), 577-582

Sillanpaa PJ, Maenpaa HM, Mattila VM, Visuri T, Pihlajamaki H (2008): Arthroscopic surgery for primary traumatic patellar dislocation: a prospective, nonrandomized study comparing patients treated with and without acute arthroscopic stabilization with a median 7-year follow-up. *Am J Sports Med* 36 (12), 2301-2309

Smith TO, Walker J, Russell N (2007): Outcomes of medial patellofemoral ligament reconstruction for patellar instability: a systematic review. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 15 (11), 1301-1314

Smith TO, Song F, Donell ST, Hing CB (2011): Operative versus non-operative management of patellar dislocation. A meta-analysis. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 19 (6), 988-998

Steensen RN, Dopirak RM, McDonald WG, 3rd (2004): The anatomy and isometry of the medial patellofemoral ligament: implications for reconstruction. *Am J Sports Med* 32 (6), 1509-1513

Steensen RN, Dopirak RM, Maurus PB (2005): A simple technique for reconstruction of the medial patellofemoral ligament using a quadriceps tendon graft. *Arthroscopy* 21 (3), 365-370

Stefancin JJ, Parker RD (2007): First-time traumatic patellar dislocation: a systematic review. *Clin Orthop Relat Res* 455 93-101

Steiner TM, Torga-Spak R, Teitge RA (2006): Medial patellofemoral ligament reconstruction in patients with lateral patellar instability and trochlear dysplasia. *Am J Sports Med* 34 (8), 1254-1261

T

Tardieu C, Dupont JY (2001): [The origin of femoral trochlear dysplasia: comparative anatomy, evolution, and growth of the patellofemoral joint]. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot* 87 (4), 373-383

Tuxoe JI, Teir M, Winge S, Nielsen PL (2002): The medial patellofemoral ligament: a dissection study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 10 (3), 138-140

V

Vainionpaa S, Laasonen E, Silvennoinen T, Vasenius J, Rokkanen P (1990): Acute dislocation of the patella. A prospective review of operative treatment. *J Bone Joint Surg Br* 72 (3), 366-369

Vavken P, Wimmer MD, Camathias C, Quidde J, Valderrabano V, Pagenstert G (2013):
Treating patella instability in skeletally immature patients. *Arthroscopy* 29 (8), 1410-
1422

W

Waterman BR, Belmont PJ, Jr., Owens BD (2012): Patellar dislocation in the United States:
role of sex, age, race, and athletic participation. *J Knee Surg* 25 (1), 51-57

White BJ, Sherman OH (2009): Patellofemoral instability. *Bull NYU Hosp Jt Dis* 67 (1), 22-
29

Danksagung:

Hiermit danke ich meinem Betreuer, Herrn Privatdozent Dr. med. Peter Balcarek, für seine Unterstützung und Anmerkungen in der vorliegenden Arbeit.