

TECHNISCHE UNIVERSITÄT MÜNCHEN

Abteilung für Sportorthopädie der
Technischen Universität München
Klinikum rechts der Isar
Leiter: Univ.-Prof. Dr. A. Imhoff

**Vergleichende prospektive klinisch radiologische 1- Jahres-Ergebnisse nach MPFL-
Rekonstruktion**

Insa Beermann

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät für Medizin der Technischen Universität
München zur Erlangung des akademischen Grades eines

Doktors der Medizin

genehmigten Dissertation.

Vorsitzender: Univ.-Prof Dr. E. J. Rummeny

Prüfer der Dissertation:

1. Priv.-Doz. Dr. P. Schöttle
2. Univ.-Prof. Dr. A. Imhoff

Die Dissertation wurde am 01.07.2013 bei der Technischen Universität München eingereicht
und durch die Fakultät für Medizin am 13.11.2013 angenommen.

Inhaltsverzeichnis

1	EINLEITUNG	S. 3
1.1	Patellofemorale Anatomie und Biomechanik	S. 3
1.1.2	Faktoren der Instabilität des patellofemorales Gelenks	S. 4
1.1.2.1	Statische Stabilisatoren	S. 4
1.1.2.2	Passive Stabilisatoren	S. 4
1.1.2.3	Aktive Stabilisatoren	S. 5
1.1.2.4	Die Interaktion der Stabilisatoren	S. 6
1.2	Die Pathomorphologie des Patellofemoralgelenkes	S. 6
1.3	Wichtige Aspekte der Behandlung der patellofemorales Instabilität und kritischer Überblick über bisherige und aktuelle Operationsverfahren	S. 9
1.3.1	Die MPFL-Rekonstruktion	S. 13
1.4	Operationstechnik → „Aperture-Fixation“	S. 14
1.5	Fragestellung und Hypothesen und Ziele der vorliegenden Studie	S. 17
2	MATERIAL UND METHODE	S. 19
2.1	Patientenkollektiv und Nachuntersuchungszeiträume	S. 19
2.1.1	Indikation zur Operation	S. 19
2.1.2	Ein- und Ausschlusskriterien	S. 19
2.1.3	Patientengut, Geschlechts- und Altersverteilung	S. 20
2.1.4	Subgruppen	S. 23
2.1.5	Untersuchungszeiträume	S. 23
2.2	Klinische Untersuchung	S. 24
2.2.1	Fragebogen	S. 24
2.2.2	klinische Untersuchungen und Funktionstests am Kniegelenk	S. 24
2.2.3	Scores	S. 27
2.2.3.1	Tegner-Aktivitätsscore	S. 27
2.2.3.2	Kujala Knie-Score	S. 27
2.2.3.3	IKDC Score	S. 28
2.3	Radiologische Untersuchung	S. 29
2.3.1	Nativradiologie	S. 29
2.3.2	MRT- Diagnostik	S. 29
2.4	Methodik zur statistischen Auswertung der Ergebnisse	S. 34
3	ERGEBNISSE	S. 35
3.1	Anamnestiche Daten und Daten des allgemeinen Fragebogens	S. 35

3.2 Ergebnisse der Patienten mit Aperture-Technik	S. 37
3.2.1 klinische Untersuchungen und Funktionstests am Kniegelenk	S. 37
3.2.2 Scores	S. 41
3.2.3 radiologische Untersuchung	S. 44
3.2.4 Zusammenfassung der Ergebnisse des Kapitels 3.2	S. 46
3.3 Ergebnisse im Vergleich der 4 Subgruppen	S. 48
3.3.1 klinische Untersuchungen und Funktionstests am Kniegelenk	S. 48
3.3.2 Scores	S. 50
3.3.3 radiologische Untersuchung	S. 53
3.3.4 Zusammenfassung der Ergebnisse des Kapitels 3.3	S. 55
3.4 Vergleich der Aperture- mit der Fadenanker-Technik	S. 56
3.4.1 klinische Untersuchungen und Funktionstests am Kniegelenk	S. 56
3.4.2 Scores	S. 59
3.4.3 radiologische Untersuchung	S. 60
3.4.4 Zusammenfassung der Ergebnisse des Kapitels 3.4	S. 62
4 DISKUSSION	S. 64
4.1 Methodenkritische Aspekte	S. 64
4.2 Diskussion der Ergebnisse	S. 65
4.2.1 Ergebnisse der Patienten mit MPFL-Rekonstruktion in Aperture-Technik	S. 69
4.2.2 Vergleich der Ergebnisse der 4 Subgruppen	S. 71
4.2.3 Vergleich der Aperture- mit der Fadenankertechnik	S. 72
4.3 Abschließender Vergleich unserer Ergebnisse mit den Daten anderer Autoren	S. 74
5 ZUSAMMENFASSUNG und Schlussfolgerung über die weitere Anwendung des Operationsverfahrens	S. 77
6 LITERATURVERZEICHNIS	S. 78
7 Abbildungs- und Tabellenverzeichnis	S. 92
8...Abkürzungsverzeichnis	S. 93
9 ANHANG	S. 94

1. Einleitung

In der vorliegenden Arbeit werden die Ergebnisse von 49 Patienten im 1-Jahres-Verlauf dargestellt, die sich einer MPFL-Rekonstruktion in Aperture-Technik unterzogen haben.

Die Einleitung gliedert sich in eine Beschreibung der patellofemorale Anatomie und Biomechanik, es folgt eine Darstellung der Pathomorphologie des patellofemorale Gelenkes.

Im Weiteren werden die wichtigsten Operationsverfahren im Zusammenhang mit der patellofemorale Instabilität beschrieben.

Zuletzt folgt eine Beschreibung der Operationstechnik, Fragestellung, Hypothesen und Ziele der Studie.

1.1 Patellofemorale Anatomie und Biomechanik

Das Kniegelenk ist das größte und am stärksten belastete Gelenk des menschlichen Körpers. Es muss in seiner Funktion sowohl große Beweglichkeit als auch hohe Stabilität gewährleisten, welche durch seinen anatomischen Aufbau ermöglicht werden.

Es setzt sich funktionell aus dem medialen und lateralen Femorotibialgelenk sowie dem Femoropatellargelenk zusammen. Das Femoropatellargelenk (Art. Femoropatellaris) zwischen Femurgleitlager und Patellarückfläche besitzt zusammen mit dem Femorotibialgelenk eine gemeinsame große Gelenkkapsel, die durch Recessus zusätzlich erweitert wird.

Zwischen dem Lig. patellae und der Sehne des M. quadriceps femoris befindet sich die Patella als größtes annähernd dreieckig geformtes Sesambein des menschlichen Skeletts zur Verlängerung des muskulären Hebelarmes der Oberschenkelmuskulatur.

Die Patellarückfläche, die Facies articularis patellae, die zwei durch einen vertikalen First voneinander geteilte Gelenkflächen (mediale und laterale Facette) bietet, ist von dickem Knorpel überzogen. Dieser dämpft die starke mechanische Beanspruchung des Femoropatellargelenkes, welche besonders durch die ausgeprägten Scherbewegungen im Gelenk entsteht, vor allem in Flexionsstellungen.

Die Patella zentralisiert die entstehenden Kräfte der vier Köpfe des M. quadriceps femoris und überträgt sie reibungsarm auf das distal liegende Ligamentum patellae und die Tuberositas tibiae.

1.1.2 Faktoren der Instabilität des patellofemorales Gelenkes

Die Stabilität im Femoropatellargelenk wird im Wesentlichen von drei Faktoren bestimmt. Man unterscheidet hierbei die statischen Faktoren, die durch die Knochengeometrie bestimmt werden, die passive Komponente in Form der Bänder und der Kapsel sowie den aktiven Einfluss durch die Muskulatur. (162)

1.1.2.1 statische Stabilisatoren

Die mediolaterale Beweglichkeit der Patella wird je nach Flexionsstellung zu verschiedenen Anteilen von der Trochleamorphologie und den medialen patellofemorales Weichteilen beeinflusst. Die retropatelläre anatomische Konstruktion beeinflusst weniger die axiale Translation als viel mehr die Rotation der Patella. (5, 162)

In Knien mit einer normal geformten Trochlea wird die Patella bis zu einem hohen Streckungsgrad überwiegend durch die Form der Trochlea geführt, erst in vollständiger Streckung spielt der stabilisierende Effekt der Weichteile die Hauptrolle. (80)

Einen wichtigen Einfluss auf die patellofemorale Biomechanik haben auch die Rotationsverhältnisse der unteren Extremität. Der Antetorsionswinkel des Femurs zum Beispiel hat einen entscheidenden Einfluss auf das patellofemorale Gelenk und sollte im physiologischen Bereich liegen, damit der Druck im lateralen patellofemorales Gelenk nicht zu groß, der im medialen Anteil des Gelenkes nicht zu gering und die Spannung im medialen patellofemorales Gelenk nicht zu stark wird. (1, 17, 43, 66, 179)

Ein weiterer wichtiger Faktor ist die Rotationsstellung der Tibia und die Ausrichtung der gesamten Beinachse, da eine Valgusdeformität durch eine Medialisierung des distalen Femurs und eine Lateralisierung der Tuberositas tibiae eine Lateralisierung der Patella begünstigt.

1.1.2.2 Passive Stabilisatoren

Der mediale patellofemorale Weichteilkomplex kann in folgende drei Schichten unterteilt werden. (177, 187) Oberflächlich liegt das mediale Retinaculum patellae, welches distal von der anteromedialen Tibia bis nach proximal an die distale Patella reicht. Mit den gleichen Ansatzpunkten verläuft das patellotibiale Ligament in der Richtung seiner Fasern senkrecht dazu.

Das mediale patellofemorale Ligament (MPFL), welches als der wichtigste passive mediale Stabilisator der Patella gilt (22, 34, 47, 80, 150) und vom medialen Femurcondylus bis zum medialen Drittel der inneren Patellakante zieht (8, 169, 172, 182), bildet zusammen mit dem oberflächlichen Teil des medialen Kollateralbandes die zweite Schicht. Mehreren Studien zufolge variiert das MPFL in Größe, Verlauf und Präsenz. In den meisten Fällen ist es jedoch eindeutig zu identifizieren. (22, 34, 47, 80, 144)

Die femorale Insertionsstelle liegt in einem Bereich vor der Tangentialen zur posterioren Kortikalis des Femurs, zwischen dem proximalen Ansatz des medialen Epikondyls und dem posteriorsten Punkt der Blumensaat-Linie. In einer radiologischen Studie zum anatomischen Merkpunkt der zu rekonstruierenden femoralen MPFL-Insertionsstelle (159) liegt deren Hauptposition 1,3 mm anterior der Verlängerung der posterioren Kortikalis, 2,5 mm distal der Senkrechten zum proximalen Ansatz des medialen Femurcondyls und 3 mm proximal der Blumensaat-Linie. Die proximodistale Ausdehnung des MPFL liegt bei ca. 10-15mm. Zwischen dem vorderen Anteil des MPFL und der aktiv stabilisierenden M. vastus medialis obliquus- Sehne verlaufen weitere Fasern. (122, 126, 128, 137, 144)

Unmittelbar unterhalb des MPFL findet man als dritte Schicht das mediale patellomeniscale Ligament (MPML). Seine Fasern verlaufen an der medialen Begrenzung des Hoffa'schen Fettkörpers zum unteren Drittel der medialen Patellakante.

1.1.2.3 Aktive Stabilisatoren

Die Patella ist in den Streckapparat des Knies eingelagert. Die verschiedenen Köpfe des M. Quadriceps femoris inserieren sehnig an den kranialen und lateralen Rändern der Patella und setzen sich an deren kaudalen Ende als Ligamentum patellae bis zur Tuberositas tibiae fort. Die Mm. rectus femoris, vastus intermedius und der größte Anteil des M. vastus lateralis setzen annähernd vertikal am Patellarand an. Die kaudalen Fasern des M. vastus medialis laufen dagegen eher horizontal bzw. strecknah longitudinal auf den Knochen zu.(103) Aus diesem Grund wird der M. vastus medialis als eigenständiger Muskel auch M. vastus medialis obliquus (VMO) bezeichnet. Studien von Hubbard, Sampson und Elledge 1997 (89) wiesen auch die verschiedenen Faserverläufe nach, konnten aber keinen separaten Muskel abgrenzen.

1.1.2.4 Die Interaktion der Stabilisatoren

Die axiale Translation der Patella, welche überwiegend in strecknahen Flexionsgraden zwischen 0° und 40° luxiert, wird hier durch die Übereinstimmung zwischen Trochlea- und Patellamorphologie sowie den medialen Kapselbandkomplex beeinflusst und begrenzt. (162) Ab Flexionsgraden von 15° - 20° wird der mediale Weichteilkomplex vorwiegend durch die ossäre Trochleakomponente von der Kontrolle über diese mediolaterale Bewegung abgelöst. Der aktive und stabilisierende Einfluss durch die Quadricepsmuskulatur auf das patellofemorale Gelenk ist in diesen Stellungen jedoch vernachlässigbar gering und gewinnt erst bei Flexionsstellungen über 60° an Bedeutung, in denen die Patella ausreichend durch die Knochengometrie (in diesem Fall die Notch) stabilisiert wird.

1.2 Die Pathomorphologie des Patellofemoralgelenkes

Die Lateralisierung der Patella und damit das Risiko rezidivierender Luxationen wird deutlich begünstigt, wenn, wie in vielen Fällen bei Patienten mit patellofemoraler Instabilität, eine dysplastische abgeflachte bis konvexe Trochleaform mit verkleinertem Sulcuswinkel und vermindertem lateralen Slope vorliegt, was in erster Linie auf einen hypoplastischen medialen Condylus zurückzuführen ist. Die Trochleagrube, falls sie überhaupt noch vorhanden und nicht komplett aufgehoben ist, wird dabei zur medial liegenden Seite verlagert. (38, 46, 53, 87, 140) Diese pathologische Morphologie verringert die Möglichkeit eines „Eingleitens“ der Patella in die femorale Trochlea während der Flexionsbewegung im Knie.

Nach Henri Dejour wird die Trochleadysplasie, welche einer seiner Studien zufolge bei 85% unter rezidivierender Patellaluxation leidenden Patienten vorliegt, unter Einbeziehung ihrer Morphologie und des von ihm definierten Crossing-signs in vier Grade A-D eingeteilt (46, 185). Bei höhergradiger Dysplasie mit nahezu oder gänzlich aufgehobener knöcherner Führung kann auch ein intakter medialer Bandkomplex die Patella nicht mehr ausreichend stabilisieren und vor Luxation schützen. In diesem Fall sollte zur Stabilisierung der Patella und zur Normalisierung der patellofemoralen Relationen eine Trochleaplastik durchgeführt werden, bei der die Trochleagrube vertieft und nach lateral verlegt wird, ohne an der absoluten Höhe des lateralen Condylus etwas Wesentliches zu verändern. (158)

Weitere in diesem Zusammenhang von Dejour beschriebene Faktoren sind die Patella alta, die bei 24% der Patienten aus seiner Studie vorlag und auch laut einigen anderen Studien als ursächlich für eine patellofemorale Instabilität gilt. (12, 27, 71, 100, 147, 168) Zudem muss man bei der operativen Behandlung beachten, dass ein Patella-Hochstand auch als Folge einer dysplastischen Trochlea mit einem insuffizienten bzw. rupturierten MPFL vorliegen kann und also versuchen diese Pathologien zu beheben.

Weitere Ursachen einer Instabilität, die aber ebenso auch durch eine Trochleadysplasie begünstigt werden, sind der patelläre Tilt, der für einen erhöhten lateralen Neigungswinkel der axialen Hauptachse der Patella steht und der vermehrte patelläre Shift, der die Lateralisierung der Patella in Bezug zur Trochlea setzt. (46)

Bei mehr als der Hälfte der Patienten aus der Studie von Dejour wurde ein erhöhter Abstand von über 20 mm zwischen der Tuberositas tibiae und der trochlären Grube- dem TTTG festgestellt. Von diesem Abstand hängt eine erhöhte Lateralisierungsneigung der Patella ab. Auch bei diesem Wert muss man bedenken, dass er durch andere Patellaluxationen begünstigende Faktoren verstärkt oder erst erzeugt wird, welche also zunächst behandelt werden sollten. Hierzu gehört wieder eine dysplastische Trochlea mit medialisierter Grube. Außerdem können eine Antetorsion des Femurs und valgische Beinachse mit daraus resultierender Innenrotation der Trochlea einen erhöhten TTTG und damit eine patellofemorale Instabilität (PFI) begünstigen.

Studien zufolge kann die PFI und einige ihrer Risikofaktoren, insbesondere die Trochleadysplasie, familiär gehäuft auftreten. (108, 115, 146, 176, 162)

Das Zusammenspiel des muskulären Streckapparates besitzt eine geringe Bedeutung für die Stabilität im patellofemorale Gelenk, jedoch sind die passiven und statischen Faktoren im Zusammenhang mit dessen Instabilität regelmäßig pathologisch verändert oder hypoplastisch und bedingen diese oder resultieren teilweise daraus. (63, 80)

Einer Patientenstudie zufolge liegt bei Patienten mit Trochleadysplasie oft eine verkürzte mediale Patellafacette vor, was durch einen ungenügenden medialen Zug aufgrund eines hypoplastischen medialen Bandapparat bedingt sein könnte. In der Studie konnte jedoch nachgewiesen werden, dass die Patella durch eine genetisch bedingte Trochleadysplasie ansonsten keine untypische Morphologie oder dysplastischen Eigenschaften aufweist. (158)

Verschiedene Studien an Knien mit physiologischer Trochleamorphologie konnten zeigen, dass das MPFL unter den passiven Stabilisatoren die größte medialisierende Wirkung besitzt. Dabei liegt der Anteil der Kraft des MPFL gegenüber der Gesamtkraft des passiven Komplexes gegen die Patellalateralisierung zwischen 40 und 81 %. (22, 47, 80, 126, 150) Um bei insuffizientem oder rupturiertem MPFL die unphysiologische Patellalateralisierung zu beheben, kann man nun davon ausgehen, dass man hierfür, wie später beschrieben, eine isolierte MPFL-Rekonstruktion durchführen kann und zwar ohne eine gleichzeitige mediale Raffung, zumindest wenn man eine physiologische Trochleamorphologie vorfindet. In diesem Zusammenhang haben einige aktuellere biomechanische Studien gezeigt, dass das MPFL den Hauptstabilisator gegen die Patellalateralisierung darstellt, und dass eine isolierte MPFL-Wiederherstellung oder -Rekonstruktion die patellofemorale Stabilität oft normalisieren kann. (39, 80, 127, 150)

Es gibt also verschiedene charakteristische anatomische Merkmale, welche die Lateralisierungs- bzw. Luxationstendenz der Patella begünstigen oder hervorrufen, und die zu einer klinischen Verschlechterung nach primärer Luxation mit erhöhtem Risiko einer oder mehrerer Reluxationen führen. (26, 82, 100, 104, 147)

Im strecknahen Bereich des Kniegelenkes gibt es, wie oben beschrieben, keine bedeutende knöcherne patelläre Führung, sondern eine überwiegende Kontrolle der patellären Translation durch den medialen Weichteilkomplex. Neben dysplastischen Erscheinungen dieser passiven Faktoren, welche allein schon eine Patelladislokation hervorrufen können und den oben genannten weiteren Pathomorphologien des Patellofemoralgelenkes, sind Alter (zweites bis drittes Lebensjahrzehnt), weibliches Geschlecht, Übergewicht, allgemeine ligamentäre Hyperlaxizität, (welche häufig in Zusammenhang mit rezidivierender Luxation gefunden wird (147, 171) und eine durch verringerte mediale Zugkräfte bedingte passive laterale Hypermobilität der Patella erzeugt), dysplastisches distales Drittel des VMO, Innenrotationsfehlstellung und Genu valgum prädisponierende Eigenschaften für eine laterale Patellaluxation. (16, 132)

Zusammenfassend ist zu sagen, dass eine patellofemorale Instabilität überwiegend multifaktoriell bedingt ist, dass bei operativem Vorgehen das Hauptaugenmerk jedoch auf den medialen Bandapparat, auf die knöcherne Trochleakomponente und gegebenenfalls auf die Rotations- bzw. Valgusfehlstellung gelegt werden muss, um die ursächlichen Faktoren, die diese Instabilität bedingen, behandeln zu können. (162)

1.3 Wichtige Aspekte bei der Behandlung der patellofemorale Instabilität und Überblick über bisherige Operationsverfahren

Die konservative Behandlung patellofemorale Instabilität bzw. Patellaluxation führt oft zu rezidivierenden Re- bzw. Subluxationen, patellofemorale Schmerzen oder persistierendem Instabilitätsgefühl.

1997 berichteten Mäenpää et al. von 100 Patienten mit akuten Patellaluxationen, die auf verschiedene Weise konservativ behandelt wurden. Nach 13 Jahren follow-up fand sich eine Reluxationsrate von 44%. Von den Patienten ohne Reluxationen gaben 19 Patienten patellofemorale Schmerzen oder Subluxationen an. Insgesamt waren also 63% der Patienten mit dem Behandlungsergebnis unzufrieden. (105)

Auch ähnliche Studien zur konservativen Behandlung patellofemorale Instabilität lieferten vergleichbare Resultate im Hinblick auf die Zufriedenheit und die Ergebnisse der befragten Patienten.

Aus diesem Grund wurden verschiedene Operationstechniken entwickelt, um die patellofemorale Instabilität, die Ursachen und Folgen der akuten bzw. rezidivierenden Patellaluxation zu beheben.

Es gibt verschiedene Ansätze für therapeutische Eingriffe am instabilen patellofemorale Gelenk:

Traditionelle chirurgische Eingriffe, die überwiegend die Veränderung der Quadrizeps-Zugrichtung zum Ziel haben, um die Patella in der Trochlea zu halten, lassen den Einfluss der Trochleamorphologie und des medialen patellofemorale Ligamentes, der jedoch nach den bisher erwähnten klinisch-radiologischen Merkmalen ursächlich bzw. sehr risikobelastend für ein instabiles patellofemorale Gelenk ist, weitgehend unbeachtet.

Es werden proximale und distale Eingriffe am Streckapparat durchgeführt, wie die Medialisierung der Tuberositas Tibiae, welche seit über hundert Jahren praktiziert wird und durch die eine Straffung des Extensorenzuges entgegen der Patellalateralisierung herbeigeführt werden soll. Hier muss man jedoch bedenken, dass in strecknahen Flexionsgraden die Luxationstendenz der Patella in erster Linie von den passiven und statischen Faktoren bestimmt wird und deutlich weniger von den aktiven muskulären

Quadricepsvektoren, welche, wie schon erwähnt, erst ab 60° Flexion beginnen, die transversale Verschieblichkeit der Patella nennenswert zu begrenzen. (58, 63, 80)

Außerdem kann für eine vermehrte Lateralisierungs- bzw. Luxationstendenz der erhöhte TTTG stehen, welcher meistens durch Pathomorphologien des femoralen Anteils des Gelenkes und weniger durch eine lateralisierte Tuberositas tibiae bedingt ist. (46, 48) Der TTTG kann also durch diese chirurgische Intervention verringert oder normalisiert werden, jedoch wird der ursprüngliche Grund für die Erhöhung dieses Abstandes durch den Tuberositastransfer meist nicht behoben.

In der Literatur wird beschrieben, dass es durch den Tuberositasversatz nur in 65% der Fälle zu einer Patellastabilisierung kommt und besonders bei gleichzeitiger Tuberositasposteriorisierung durch den unphysiologisch erhöhten Anpressdruck auf das Gelenk oft ein unklares patellofemorales Schmerzsyndrom bis hin zu einer dadurch provozierten verfrühten Degeneration im medialen patellofemoralen Gelenk beobachtet wurde. (33, 117, 131)

Des Weiteren ist auch eine Distalisierung der Tuberositas kritisch zu betrachten, da dadurch zwar im radiologischen Bild eine Patella alta behoben wird, es aber auch hier zu einem vermehrten Druck auf das patellofemorale Gelenk schon ab frühen Streckpositionen kommt. Außerdem werden die Ursachen des Patellahochstandes, wie z. B. eine Trochleadysplasie oder pathologisch veränderte passive Faktoren, wie ein (ggf. aus der Trochleadysplasie resultierendes (15) hypoplastisches oder rupturiertes MPFL, nicht behandelt.

Ein weiterer recht großer und schmerzhafter Eingriff am aktiven Streckapparat ist die Medialisierung des M. vastus medialis obliquus auf die Patella. Da der Verlauf der Faserrichtung des Muskels jedoch nicht verändert werden kann, können die Quadricepsvektoren trotz VMO-Versatz die transversale patelläre Verschieblichkeit nach wie vor erst ab 60° Knieflexion beeinflussen. Es wird also keine ausreichende Stabilität erreicht und es kommt Studien zufolge sogar postoperativ zu einem Schmerzsyndrom. (65, 98, 143)

Das lateral release ist eine weitere wichtige Operationstechnik, welche Einfluss auf die aktiven Faktoren im patellofemoralen Gelenk nehmen soll. Sie wird durchgeführt, um zu verhindern, dass durch das laterale Retinaculum ein zu hoher translatorischer lateralisierender Zug auf der Patella lastet. Diese Kraft nimmt aufgrund des proximodistalen Faserverlaufs des Retinaculums jedoch ähnlich wie beim VMO erst in höheren Flexionsgraden nennenswerten Einfluss auf die transversale Verschieblichkeit. Außerdem spielt nicht der erhöhte laterale

Zug, sondern der insuffiziente mediale passive Bandapparat eine weitaus größere Rolle bei der Patellainstabilität; zudem wird dem lateralen Retinaculum als Weichteilbarriere strecknah sogar eine stabilisierende Funktion für die Patella zugeschrieben. (162)

Einer biomechanischen Studie zufolge kann diese Operationstechnik strecknah die Lateralisierung der Patella und manchmal den patellofemorale Druck eher erhöhen. (31)

Aus diesen Gründen sollte das laterale release nur noch sehr bedingt bei fixierter lateraler Luxation und Subluxation in größeren Flexionsgraden eingesetzt werden. (62)

Damit ein optimaler Bewegungsablauf gewährleistet ist, müssen physiologische Rotationsverhältnisse der unteren Extremität vorliegen, da es bei Fehlstellungen, wie zum Beispiel einer verstärkten Innenrotation des Femurs, zu biomechanischen Veränderungen und patellofemorale Beschwerden kommen kann. Zur Korrektur solcher Fehlstellungen kann eine Osteotomie indiziert sein, bei der zum Beispiel der Femur unter der Patella nach außen rotiert wird. (1, 17, 43, 66, 179)

Die statischen Faktoren des patellofemorale Gelenks wurden 1915 zum ersten Mal operativ durch Albee behandelt. (6) Er erhöhte bei Patienten mit flacher lateraler Trochleafacette, welche er als ursächliche Pathologie der patellofemorale Instabilität ansah, den lateralen Slope (Abbildung) durch Einbringen eines Knochenkeils unter den Knorpel und wirkte damit einer Patellalateralisierung entgegen. Aber auch bei dieser Technik kommt es zu erhöhtem lateralen Anpressdruck der Patella mit resultierenden Schmerzen und Arthrose. (45)

Die Trochleoplastik soll also unter Berücksichtigung der morphologischen Voraussetzungen für eine stabile knöchernen Patellaführung die laterale Facette relativ zur trochleären Grube erhöhen und zu einer suffizienten Barriere gegen die Patellalateralisierung machen, ohne unphysiologisch erhöhten patellofemorale Anpressdruck zu erzeugen.

In diesem Zusammenhang stellte erstmalig Masse 1978 eine Technik im Sinne einer subchondralen pericartilaginären Osteotomie zur Vertiefung der Trochlea vor.

Eine eigentliche Trochleoplastik mit Abhebung des Knorpels und dessen Adaptation auf den darunter liegenden operativ bearbeiteten knöchernen Trochleaanteil wurde jedoch von Dejour als erstes beschrieben unter Beachtung einer möglichst physiologischen Konstruktion der Trochleamorphologie.(45) Sie sollte nur bei Patienten mit höhergradiger Dysplasie Typ C-D nach Dejour (44) bzw. einer konvex geformten Trochlea mit erhöhtem TTTG (>20mm) als Primäreingriff durchgeführt werden.

Da Patienten mit Trochleadysplasie jedoch aufgrund rezidivierender Luxationen oft einen trochleären Knorpelschaden aufweisen, womit eine Plastik kontraindiziert ist, sollte als Alternative eine MPFL-Rekonstruktion dringend in Betracht gezogen werden.

Zur Wiederherstellung der passiv wirkenden Faktoren zur medialeseitigen patellofemorale Stabilisierung wurden bisher sowohl offene als auch arthroskopische chirurgische Interventionen eingesetzt. 1986 wurde durch Yamamoto zum ersten mal eine, bei Patienten mit akuter Patelladislokation möglichst frühzeitig für größtmögliche Heilungschancen und Gewebeerhaltung durchzuführende, arthroskopische Raffung des medialen Retinaculum und der Kapsel eingeführt. Hierbei wird mit einer großen Nadel der Weichteilkomplex perkutan durchstoßen und durch Knotung gestrafft. Die knöchernen patella- oder femurnahen Avulsionen bzw. Rupturen können so allerdings nur schwer oder gar nicht erfasst werden. Ein Nachteil ist außerdem, dass weder diese noch einige weitere beschriebene Techniken zur arthroskopischen Behandlung des medialen patellofemorale Stabilisierungskomplexes die resultierenden oder begünstigenden Pathomorphologien der Instabilität im patellofemorale Gelenk berücksichtigen und beheben. (4, 78, 79, 145, 148, 151)

Nach einer arthroskopischen Raffung des medialen patellofemorale Komplexes, die, wenn überhaupt, nur bei akutem oder subakutem Luxationsereignis oder bei noch offenen Epiphysenfugen unter Beachtung der anatomischen patellären und femoralen Insertionsareale angewendet werden sollte, nimmt die Trochleamorphologie einen bedeutenden Einfluss auf die Stabilität im Gelenk und müsste deshalb präoperativ eingehend untersucht werden, um insbesondere bei höhergradiger Dysplasie eine Indikation für eine evtl. notwendige Trochleaplastik zu erkennen, da sonst bei diesen Patienten das Risiko für eine Reluxation immer noch bei 20% liegt. (158)

Da dieser Eingriff aber bei vielen Patienten aufgrund oben genannter Gründe nicht möglich ist und eine arthroskopische Raffung bei Patienten mit chronischer Instabilität und rezidivierender Luxation aufgrund der Vorschädigung und der zu geringen Heilungstendenz des medialen Weichteilkomplexes nicht sinnvoll ist, stehen hier an erster Stelle offene Eingriffe zur Rekonstruktion des medialen patellofemorale Weichteilkomplexes.

1.3.1 Die MPFL-Rekonstruktion

Die Eingriffe am Kniegelenk zur MPFL-Rekonstruktion werden in vielen Studien vor allem auch als isolierte Operation ohne beispielsweise eine gleichzeitige Trochleoplastik mit zukunftsweisenden und guten Ergebnissen in Bezug auf die erreichte Stabilität im Kniegelenk beschrieben. (2, 10, 29, 30, 35, 39, 40, 41, 42, 49, 52, 73, 116, 127, 135, 138, 139, 150, 152, 156, 161, 166, 172, 173)

Die Eingriffe müssen, in Anbetracht dessen, dass das MPFL keinen isometrischen Punkt besitzt, eine anatomische Rekonstruktion und eine möglichst physiologische Spannung anstreben und sowohl das flächige patelläre als auch das femorale Insertionsareal möglichst exakt durch eine knöcherne Verankerung eines freien autologen Sehnen-Transplantats wiedergeben. Operationstechniken, welche durch eine Schwenkplastik femoral oder patellär nur eine punktförmige Insertion ermöglichen, sind sehr in Frage zu stellen, denn die Gefahr einer nicht anatomischen Rekonstruktion des MPFL besteht in einer daraus resultierenden unphysiologischen Biomechanik, erhöhten medialen patellofemorale Drücken und damit einer konstanten Fehlbelastung des Gelenks. (169, 172) Um die physiologische Rotation und die Medialisierung der Patella in vollem Bewegungsumfang zu ermöglichen und vermehrten Druck sowie rezidivierende Instabilität zu verhindern, sollte außerdem eine Doppelbündeltechnik verwendet werden, da das proximale Bündel des MPFL strecknah angespannt ist, der distale Anteil jedoch in Flexionsstellung zunehmend anspannt und stabilisiert. (8)

Im Folgenden wird zunächst die dieser Studie zugrunde liegende und im 1-Jahres-Follow-up untersuchte Operationstechnik beschrieben. Des Weiteren werden die bedeutenden Unterschiede zur älteren Technik der MPFL-Rekonstruktion mittels Fadenanker aufgeführt.

1.4 Operationstechnik:

direkte anatomische Rekonstruktion des medialen patellofemoralen Ligaments (MPFL) in double-bundle-Technik „Aperture-Fixation“

Zunächst wird das Kniegelenk arthroskopisch in Bezug auf Knorpelbeschaffenheit, Trochleamorphologie und Vernarbungen beurteilt.

Über eine ca. 2 cm lange Hautinzision, die anteromedial über dem Pes anserinus liegen soll, erfolgt eine Inzision der Sartorius-Fascie und eine scharfe Trennung der Gracilis-Sehne von ihren Abgängen. Die Sehne wird vom Pes anserinus gelöst, mit einem Sehnenstripper vom Muskelbauch getrennt und entnommen.

Auf einem Präparationsbrett werden dann die restlichen Muskelfasern von der Sehne entfernt und die beiden Enden mit einem resorbierbaren Faden auf 10 mm Länge angeschlungen. Um ein gutes Ergebnis zu erzielen, sollte die Sehne ca. 18 cm lang sein.

Die patelläre Insertionsstelle des MPFL verläuft von der superomedialen Ecke der Patella bis zum Mittelpunkt der medialen Patellakante. Hier wird eine 2 cm lange Hautinzision angebracht.

Der zentrale Teil des VMO (M. vastus medialis obliquus) wird dargestellt, um die darunterliegende zweite Schicht des medialen patellofemoralen Komplexes mit einer Schere in Richtung des medialen Femurkondyls zu präparieren, in der das MPFL verläuft. Die darunterliegende Kapsel soll intakt bleiben.

Nun wird ein Overhold eingeführt und das anatomische femorale Insertionsareal des MPFL zwischen dem medialen Epikondylus und dem Tuberculum adductorium wird aufgesucht.

In 30° Knieflexion erfolgt dann über der Overholdspitze eine ca. 1 cm lange longitudinale Hautinzision und das Einziehen einer Fadenschlinge in die zweite patellofemorale Schicht.

Im Bereich der femoralen Insertionsstelle, die in dem Bereich der Verlängerung der posterioren Femurkortikalis zwischen dem proximalen Ansatz des medialen Femurkondyls und dem posteriorsten Punkt der Blumensaat-Linie liegen soll, wird ein Bohrdraht mit Öse eingeführt und nah am Knochen durch eine Klemme markiert. Durch einen Bildwandler wird die Eintrittsstelle des Drahtes in einer streng seitlichen Aufnahme überprüft und bei nicht anatomischer Lage angepasst, da es sonst postoperativ zu einem erhöhten patellofemoralen Druck kommen kann.

Der Zieldraht wird daraufhin nach lateral durchgebohrt und mit einem Bohrer (der einen 1 mm größeren Durchmesser als die Transplantatschlinge haben soll) bis zur Gegenseite überbohrt.

Um die freien Sehnenenden direkt in der Patella einzubringen, wird ein Bohrdraht in die medioproximale Patellaecke und ein weiterer 12-15 mm distal davon tangential in die Patella gebohrt und mit einem kanülierten 4 cm Bohrer bis 20 mm überbohrt. Bei harter Knochenstruktur sollte man einen entsprechenden Swivelock-Gewindeschneider einsetzen.

Nun werden die angeschlungenen Enden der Sehne in die Öse eines 4,75-mm-Swivelocks (Fa. Arthrex) eingefädelt und unter Fadenspannung anatomisch und direkt fixiert in die vorgebohrten Patellalöcher eingebracht, wodurch die Zwei-Bündel-Konstruktion erhalten wird. Durch die dadurch entstandene Transplantatschlinge wird ein Durchzugsfaden gebracht und die Sehne wird durch die zweite Schicht zur femoralen Insertionsstelle gezogen.

Über den noch liegenden Bohrdraht wird ein Nitinoldraht vorgelegt und die Transplantatschlinge wird mit Hilfe des Bohrdrahtes nach lateral ausgeleitet.

Nach Einziehen des Transplantats in das femorale Bohrloch wird es mit einer Biointerferenzschraube (i.d.R. 6,25x15 mm entsprechend dem Bohrkanaldurchmesser) in 30° Knieflexion fixiert. Die laterale Patellafacette soll dabei auf der Höhe des lateralen Femurkondyls liegen.

Abschließend wird noch der volle Bewegungsumfang des Kniegelenks und die Patellaverschieblichkeit bzw. -lateralisierung getestet.

Bei erfolgreicher Rekonstruktion des MPFLs sollte die Patellaluxation nach lateral nicht mehr möglich sein.



Abb. 1: Überbohren der Zielbohrdrähte und Fixierung des Sehnen transplantates in vorgebohrte Löcher



Abb. 2: 2-Bündel-Rekonstruktion; primäre und direkte anatomische Fixierung mit Swivelock-Ankern

Nachbehandlung:

- Postoperativ Kühlung und Hochlagerung der betroffenen Extremität
- postoperative Röntgenkontrolle
- Bewegungsausmaß und erlaubte Belastungen:
 - ab 1. postoperativen Tag: freie Beweglichkeit
 - 1.-2. postoperativer Tag: Teilbelastung mit 20 kg (schwellungs- und erguss- abhängig)
 - ab der 3. postoperativen Woche: schmerzadaptierte Aufbelastung mit 20 kg / Woche
- Thromboseprophylaxe durch niedermolekulares Heparin bis zur Vollbelastung, regelmäßige Blutbildkontrollen (HIT), regelmäßige Wundkontrollen und Entfernung des Hautmaterials am 14. postoperativen Tag durch Hausarzt / niedergelassenen Kollegen

1.5 Ziele, Fragestellung, Hypothesen der vorliegenden Studie

In der vorliegenden prospektiven Studie sollen klinische, funktionelle und radiologische Ergebnisse von Patienten untersucht werden, die wegen einer patellofemorale Instabilität mit einer MPFL-Rekonstruktion in Aperture-Technik operativ versorgt wurden. Diese sollen mit den Ergebnissen einer älteren indirekten Fixierungstechnik durch Fadenanker verglichen werden.

Es soll überprüft werden, welche funktionellen Ergebnisse in Bezug auf die Stabilität des patellofemorale Gelenkes bei Patienten, die mit einer MPFL-Rekonstruktion in Aperture-Technik operativ versorgt wurden, nach einem Follow-up von einem Jahr erreicht werden und ob die Patienten außerdem ein Jahr postoperativ eine vermehrte Belastbarkeit und Sportfähigkeit des betroffenen Kniegelenks erreichen als vor der Operation.

Die Patienten sollen in verschiedene Subgruppen unterteilt und miteinander verglichen werden: Patienten mit einer entweder isolierten MPFL-Rekonstruktion oder aber kombiniert mit Eingriffen wie z.B. OATS, Rotationsosteotomie, Trochleoplastik etc. Des Weiteren soll zwischen Initialeingriffen und Rezidiveingriffen unterschieden werden.

Zudem soll untersucht werden, wie sich eine Trochleadysplasie auf das Behandlungsergebnis auswirkt und ob es Unterschiede abhängig von der Ausprägung der Dysplasie gibt, um festzustellen, ob Patienten mit einer nicht behandelten Trochleadysplasie Typ C oder D schlechtere klinische und MR-tomographische Ergebnisse aufweisen, als diejenigen mit einer Trochleadysplasie Typ A oder B.

Kann es beim Patienten durch die stärker invasive patelläre Verankerung des MPFL-Rekonstrukts initial postoperativ durch den eventuell entstehenden Überdruck in der Patella zu vermehrten Schmerzen im Vergleich mit der Ankertechnik kommen?

Ebenfalls soll geklärt werden, ob es durch die Operation zu einer radiologisch darstellbaren Verminderung des Patella-Tilts, -Shifts und der Patella-Höhe kommt.

Mit der Frage, wie der Vergleich der subjektiven und objektiven Operationsergebnisse zwischen der Aperture-Fixation und einem früheren Verfahren ausfällt, bei dem das Transplantat an Fadenankern verknotet und fest in eine über der patellären Insertionsstelle

hergestellten knöchernen Rinne für eine flächige ossäre Einheilung eingebettet wird, wird geprüft, ob es zu einer schnelleren Wiederherstellung des vollen Bewegungsumfanges und der Belastbarkeit des Knies kommt als mit der älteren indirekten Fixierungs-Technik, und was daraus für Schlüsse über die weitere Anwendung der Operationstechnik gezogen werden sollten.

Hypothesen

Die Rekonstruktion des MPFL in Aperture-Technik zeigt nach einem Follow-up von einem Jahr, (je nach Ausprägung einer Trochleadysplasie) eine starke Verbesserung der Stabilität, Beweglichkeit im Kniegelenk und der Sportfähigkeit des Patienten.

Patienten mit einer Trochleadysplasie Typ C oder D zeigen schlechtere klinische und MR-tomographische Ergebnisse als diejenigen mit einer Trochleadysplasie Typ A oder B.

Bei Patienten mit einer isolierten MPFL-Rekonstruktion ohne Voroperationen am betroffenen Kniegelenk werden im Vergleich die besten Ergebnisse erzielt, die Patienten mit Kombinationseingriffen und Voroperationen am Knie erreichen die relativ schlechtesten Ergebnisse.

Durch die stärker invasive patelläre Verankerung des MPFL Rekonstrukts kann es initial postoperativ durch den evtl. entstehenden Überdruck in der Patella zu vermehrten Schmerzen im Vergleich zur Ankertechnik kommen.

Es kommt zu einer schnelleren Wiederherstellung des vollen Bewegungsumfanges und der Belastbarkeit des Knies als mit der älteren Technik.

Es kommt zu einer radiologisch darstellbaren Verminderung des Patella-Tilts, -Shifts und der Patella-Höhe

2 Material/ Methoden

2.1 Patientenkollektiv und Nachuntersuchungszeiträume

2.1.1 Indikation zur Operation

Eine MPFL-Rekonstruktion in Aperture-Technik erhielten Patienten, die wegen rezidivierender oder einmaliger Patella-Luxation bzw. –Subluxation, insuffizientem MPFL und weiterer instabilitätsfördernder Faktoren, wie zum Beispiel die in der Einleitung genannten anatomischen Pathomorphologien des Kniegelenkes oder aber nicht zur gewünschten Stabilität führenden Voroperationen, patellofemorale Schmerzen und/ oder patellofemorale Instabilität angaben.

2.1.2 Ein- und Ausschlusskriterien

Einschlusskriterien:

- In die vorliegende Studie wurden alle in der Abteilung Sportorthopädie des Klinikums rechts der Isar in München durch PD Dr. Philip Schöttle mittels MPFL-Rekonstruktion in Aperture-Technik und weiterführenden patellofemorale Stabilisierungsverfahren wie lateraler Kulissenverschluss, Derotationsosteotomien, Tuberositasrückversatz, Trochleoplastik und/oder OATS von 06/08 bis 04/09 versorgten Patienten aufgenommen.

Ausschlusskriterien:

- gleichzeitige Versorgung mit einem Trochleashield
- Rekonstruktion des vorderen und/oder hinteren Kreuzbandes
- Meniskus Chirurgie
- Larson-Bandplastik

Die Zahl der ablehnenden, im Verlauf nicht mehr erreichbaren sowie aus anderen Gründen nicht an der Studie teilnehmenden Patienten wurde erfasst.

2.1.3 Patientengut, Geschlechts- und Altersverteilung

Im Zeitraum vom 01.06 2008 bis 24.04.2009 wurden im Klinikum Rechts der Isar in München 59 Patienten mit einer MPFL-Rekonstruktion in Aperture-Technik operiert.

Von diesen ursprünglich 59 Patienten nahmen 49 (49/59 = 83%) an der prospektiv klinisch radiologischen Studie mit einem Mindest-Follow-up von 12 Monaten teil, davon 27 (27/49 = 55%) Frauen und 22 (22/49= 45%) Männer im Verhältnis 1,3:1.

Von den 10 operierten Patienten, die nicht nachuntersucht werden konnten lehnten 2 (2/59 = 3,5%) die Teilnahme von vornherein ab, 4 (4/59 = 7%) weitere lehnten die Teilnahme ohne Angabe von weiteren Gründen früh im Verlauf der Studie ab, 4 (4/59 = 7%) der Patienten waren nicht mehr erreichbar, einer davon im Ausland, die 3 anderen erschienen ohne Begründung nicht zu den Nachuntersuchungsterminen.

Das Durchschnittsalter zum Zeitpunkt der Operation lag geschlechtsunabhängig bei 22 Jahren (14-46 Jahre) Bei den weiblichen Patienten betrug das Alter im Mittel 23,6 Jahre (14-43 Jahre) , bei den männlichen Patienten 20,1 Jahre (17-46 Jahre).

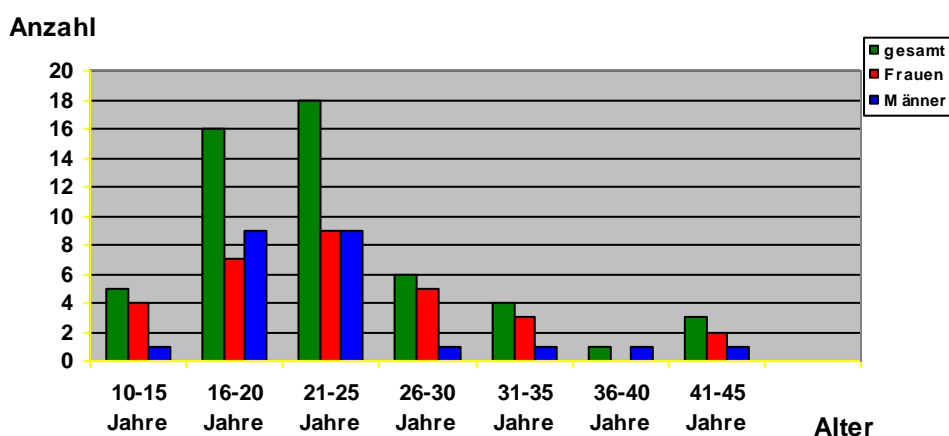


Abb. 3: Geschlechts- und Alterverteilung

Ursachen der Instabilität:

3 Patienten (2xm, 1xw) gaben in der Anamnese an, dass die patellofemorale Instabilität direkt durch ein Trauma verursacht wurde, dabei fand die Erstluxation 2x beim Fußball spielen und 1x beim Skifahren statt. Bei nur einer Patientin kam es danach ungefähr 5 mal zu einer Reluxation, die beiden anderen Patienten gaben keine erneuten Luxationsereignisse an, jedoch eine insbesondere beim Sport sehr einschränkende Instabilität im Knie. Ein Patient

hatte einige Jahre zuvor eine Subluxation beim Sport erlitten und seitdem bestünde eine starke Unsicherheit und Instabilität im Kniegelenk.

Die weiteren Patienten gaben an, entweder seit der Kindheit an regelmäßigen Luxationsereignissen der Patella zu leiden, wobei die Anzahl der Luxationen zwischen „1-2x insgesamt“ und „1x pro Woche und öfter“ angegeben wurde oder aber erst im späteren Verlauf, jedoch ohne eindeutigen traumatischen Auslöser.

Familienanamnese:

7 weibliche Patienten und 1 männlicher Patient gaben an, dass in der näheren Verwandtschaft eine positive Familienanamnese der patellofemorale Instabilität vorläge.

Vorerkrankungen:

Anamnestisch konnten bei keinem der Patienten Vorerkrankungen festgestellt werden.

14 (29%) Patienten waren zum Operationszeitpunkt Raucher, 37 (76%) Patienten gaben an, gelegentlich Alkohol zu konsumieren.

Der BMI der weiblichen Patienten lag zum präoperativen Untersuchungstermin im Mittelwert bei $23,8 \pm 4,4$. Bei den männlichen Patienten betrug der Mittelwert des BMI zu diesem Zeitpunkt $24,6 \pm 2,9$.

Im Vergleich der 4 Subgruppen (siehe S.4) betrug in der Gruppe 1 der BMI im Mittelwert $24,95 \pm 4,27$, in der Gruppe 2 $24,9 \pm 5,17$. Der Mittelwert des BMI der Gruppe 3 lag bei $23,7 \pm 2,42$ und der Gruppe 4 bei $23,8 \pm 3,75$.

Beinachse:

18x valgisch (2m, 16w), 11x leicht valgisch (6m, 5w), 21x gerade (15m, 6w)

Beinlängendifferenz:

Bei 4 Patienten konnte eine leichte Beinlängendifferenz von < 1 cm festgestellt werden.

Trochleadysplasie:

	Gesamt (n= 50)	Männer	Frauen
Keine	1	1	0
A	9	4	5
B	29	15	14

C	11	3	8
D	0	0	0

Tab. 1: Grad der Trochleadysplasie

31 der Patienten wurden am linken Kniegelenk operiert, 17 am rechten und ein Patient erhielt an beiden Knien eine MPFL-Rekonstruktion in Aperture-Technik.

Voroperationen:

29 Patienten erhielten bereits in auswärtigen Kliniken Operationen, welche ihre patellofemorale Stabilität verbessern bzw. die patellofemorale Instabilität beheben sollten. Die angewendeten Operationsmethoden waren bei 13 der Patienten ein laterale release in Kombination mit einer medialen Raffung, 6 der Patienten erhielten ein isoliertes laterale release, 3 eine isolierte mediale Raffung, bei 2 der Patienten wurde eine ältere Technik der MPFL-Rekonstruktion durchgeführt. Ein Patient erhielt eine Tuberositas-medialisierung und -distalisierung und ein lateral release, ein weiterer einen VMO-Versatz und ein lateral release, bei einem Patienten wurde eine mediale Raffung, ein Tuberositas-Versatz und ein VMO-Versatz durchgeführt und zwei der Patienten erhielten ein lateral release, eine mediale Raffung, eine Tuberositas-medialisierung und eine Vastus medialis obliquus- medialisierung und -distalisierung.

(Bei 16 dieser Patienten wurde deshalb ein lateraler Kulissenverschluss, bei einem Patienten ein Tuberositasrückversatz als Revisionseingriff durchgeführt.)

Kombinationseingriffe:

Insgesamt erhielten 34 Patienten einen Kombinationseingriff. Bei 5 der Patienten wurden in Kombination zu der MPFL-Rekonstruktion eine Trochleoplastik durchgeführt, davon bei einem Patienten beidseits, 2 Patienten erhielten zusätzlich eine Umstellungsosteotomie, bei 8 Patienten wurde zusätzlich zum MPFL ein patellärer OATS eingebracht, 16 Patienten erhielten einen lateralen Kulissenverschluss, 2 davon in Kombination mit OATS und 2 weitere in Kombination mit einer Umstellungsosteotomie, bei einem Patienten wurde ein Tuberositasrückversatz durchgeführt.

Alle Patienten gaben zu jedem Untersuchungszeitpunkt an, sich an die Anweisungen der Ärzte gehalten zu haben und das Rehabilitationsschema nach den Vorgaben befolgt zu haben.

Mit Ausnahme einer Patientin mit Trochleadysplasie Typ C, Voroperationen (2003: offene Fragment-Refixation einer Osteochondrosis dissecans der Patella, 06/08: ASK und Entnahme eines freien Gelenkkörpers), die zusätzlich zur MPFL-Rekonstruktion in Aperture-Technik eine Lösung der Narben medialseitig, eine Refixation des Vastus medialis obliquus und eine Transplantation eines OATS 10mm retropatellar erhielt, die nach 12 Wochen nach der Operation von einem erneuten Luxationsereignis berichtete, gaben alle Patienten zu jedem Nachuntersuchungszeitpunkt an, dass sie die Operation im Rückblick noch einmal durchführen würden.

2.1.4 Einteilung der Subgruppen (gesamt n= 50 (Knie))

1 Patienten mit einer isolierten MPFL-Rekonstruktion ohne Voroperation/en n= 11	2 Patienten mit einer isolierten MPFL-Rekonstruktion mit Voroperation/en n= 5
3 Patienten mit Kombinationseingriff ohne Voroperation/en n= 10	4 Patienten mit Kombinationseingriff mit Voroperation/en n= 24

Tab. 2: Einteilung der Subgruppen

2.1.5 Untersuchungszeiträume

Die Test- bzw. Nachuntersuchungszeitpunkte wurden auf präoperativ, 6 Wochen, 12 Wochen, 6 Monate und ein Jahr postoperativ festgelegt.

2.2 Klinische Untersuchung

2.2.1 Fragebogen:

Im Rahmen der prospektiven Studie wurde ein Fragebogen erstellt, der anamnestische Daten wie Ursachen der patellofemorale Instabilität, Familienanamnese, Voroperationen und –erkrankungen, sportliche Aktivitäten und subjektives Befinden des Patienten in Bezug auf das betroffene Kniegelenk einschließt. Eine Einverständniserklärung aller Patienten zur anonymisierten und vertraulichen Behandlung der erhobenen Daten liegt vor.

Außerdem wurden der Tegner Aktivitätsscore, der alternierende Kujala Knie Score und der IKDC-Score angewandt, welche im Folgenden ausführlicher beschrieben werden. Zu jedem Nachuntersuchungszeitpunkt mit Ausnahme des 6 Monate Termins wurde eine eingehende klinische Untersuchung des betroffenen Kniegelenkes durchgeführt.

Zusätzlich wurden präoperativ und ein Jahr postoperativ radiologische Befunde mittels Röntgen und magnetresonanztomographischen Aufnahmen erhoben, die in Kapitel 2.3 genauer beschrieben werden.

2.2.2 Klinische Untersuchungen und Funktionstests am Kniegelenk

Klinische Untersuchung:

Die klinische Untersuchung besteht aus Inspektion, Palpation und Funktionsprüfung.

Inspektion:

Die Inspektion beinhaltet eine Untersuchung des Gangbildes und der Beinachsenstellung des Patienten.

Eine signifikante Beinlängendifferenz zieht ein abnormes Gangbild nach sich und kann mit patellofemorale Schmerzen im kürzeren Bein assoziiert sein.

Palpation:

Das Gelenk wird auf Überwärmung, Rötung, Schwellung oder Erguss untersucht. Man überprüft den Muskelstatus auf Atrophiezeichen und beurteilt die evt. durch Voroperationen und durch die MPFL-Rekonstruktion bestehenden Narben.

Facettendruckschmerz:

Der Patient befindet sich in Rückenlage mit gestrecktem Kniegelenk. Die mediale und laterale Patellafacette wird mit der Hand palpirt und auf Druckschmerz getestet.

Schmerzen werden v.a. bei Retropatellararthrose, einer Ansatzendopathie oder einer Synovialitis angegeben. Postoperativ kann es auch zu Schmerzen im Bereich der rekonstruierten Insertionsstelle des MPFL kommen.

Mediale und laterale Softness:

Das Kniegelenk wird im Bereich des medialen Retinaculums in dem das mediale patellofemorale Ligament verlaufen sollte und im Bereich des lateralen Retinaculums palpirt.

Patella-Kompressionsschmerz:

Sind Läsionen im retropatellaren Kompartiment vorhanden, so erzeugt die Kompression der Patella in die Trochlea oft heftigen Schmerz. Der Schmerz selbst entsteht im subchondralen Knochen, da der Knorpel selbst nicht innerviert ist. Das Zohlen-Zeichen wird heute nicht mehr zur klinischen Diagnostik eingesetzt, da die Schmerzauslösung nicht kontrolliert werden kann und da es bei einem Großteil der kniegesunden Patienten wegen einer Einklemmung von Synovialis des Recessus suprapatellaris zur Schmerzauslösung kommt, der Patient bei vorliegender Arthrose mitunter stärkste Schmerzen erleiden müsste und die Gefahr einer iatrogenen Knorpelschädigung besteht.

Der Druck wird im Lot auf die Patella des gestreckten Beines ausgeübt. Leichte bis starke Schmerzen weisen auf einen positiven Befund hin.

Funktionstests:

Flexion/Extension

Das Ausmaß der Flexion und der Extension werden nach der Neutral-Null-Methode untersucht. Getestet werden die aktive und passive Bewegung, ein schmerzhaftes Flexionsdefizit wurde dokumentiert. Beim Patienten wird in Rückenlage eine Flexion durchgeführt, die physiologischerweise im Bereich von 120°-150° liegen sollte und eine Extension, die von 0° bis 10° als physiologisch einzustufen ist.

Apprehension-Sign:

Für diesen Test befindet sich der Patient in Rückenlage. In verschiedenen Kniegelenksstellungen (0°, 20°, 40° und >60°) und entspannter Oberschenkelmuskulatur wird durch einen vom Untersucher ausgelösten Druck auf die mediale Patellafacetten eine Luxation nach lateral simuliert. Der Test gilt als positiv wenn der Patient versucht auszuweichen, Schmerzen und vor allem Angst vor erneuter Luxation angibt.

Patellaführung/J-Sign:

Durch diesen Test wird das Eintreten der Patella in die Trochlea, welches normalerweise ab ca. 10°-20° Flexion beginnt beurteilt. Man lässt den Patienten in sitzender Position mit frei herabhängenden Beinen aktiv das betroffene Bein strecken. Wenn aus dieser Position nach anfänglicher Patella-Lateralisierung bei Flexion ein plötzliches ruckartiges Eintauchen der Patella nach medial in den Sulcus erfolgt bzw. wenn die Patella bei endgradiger Streckung plötzlich nach lateral gleitet spricht man von einem positiven J-sign.

Hypermobilität der Patella und schmerzhafte Patellaverschieblichkeit:

Physiologisch ist eine schmerzfreie, etwa seitengleiche Verschieblichkeit der Patella ohne Krepitationen (s.u.) und Luxationstendenz. Eine vermehrte Lateral- beziehungsweise Medialverschieblichkeit der Patella ist ein Hinweis auf einen lockeren oder beschädigten Bandapparat oder für eine habituelle Patellasubluxations- beziehungsweise Luxationstendenz.

Retropatelläre Krepitationen:

Das Kniegelenk wird maximal flektiert und unter Anpressdruck auf die Patella aktiv gegen einen Widerstand gestreckt. Es könne dann fein- bis grobsandige Vibrationen zu spüren sein, bis zu hörbarem Knacken und Krachen. Je nach Ausprägung des Befundes sind sie stärker oder schwächer. Das Krepitieren kann auch ein Hinweis auf eine Chondropathie (Knorpelschäden) hinter der Patella bzw. in der Trochlea sein oder auf eine Retropatellararthrose. Es kann aber auch durch Verwachsungen bzw. Vernarbungen infolge der Operation am Kniegelenk resultieren oder aber auch in asymptomatischen Knien vorkommen und ist dann nur aussagekräftig, wenn es schmerzhaft oder auf der Gegenseite nicht oder nur abgeschwächt vorhanden ist.

2.2.3 Scores

2.2.3.1 Tegner-Aktivitätsscore:

Der Tegner-Aktivitäts-Score ist 1985 von Tegner entwickelt und vorgestellt worden (Tegner and Lysholm 1985), um bei Patienten mit akuten Kniegelenksverletzungen vor und nach einer Behandlung bzw. einer Operation das Niveau der sportlichen und beruflichen Aktivität bestimmen zu können. Der Score ermöglicht eine subjektive Beurteilung des Aktivitätsniveaus. Er umfasst 11 Punkte, denen sich der Patient selbst zuordnet, und reicht von 0 Punkten bis maximal 10 Punkte. Eine Bewertung auf Punkt 0 entspricht einer verletzungs- bzw. beschwerdebedingten Arbeitsunfähigkeit, Punkt 10 entspricht der Aktivität eines Wettkampf- bzw. Leistungssportlers. Einbezogen werden Aktivitäten des täglichen Lebens, Freizeitsport, Amateursport und Profisport. Ein niedriges Scoreergebnis bedeutet also ein niedriges Aktivitätsniveau. Patienten, bei denen zum Beispiel die Indikation zu einer Knieendoprothese wegen einer primären Gonarthrose gestellt wird, erreichen üblicherweise nur ein Ergebnis von bis zu 3-4 Punkten.

2.2.3.2 IKDC-Score (International Knee Documentation Committee):

Der 1987 von der Europäischen Kniegesellschaft (ESSKA) und dem Verband der amerikanischen Sportorthopäden (AOSSM) entworfene Fragebogen stellt ein weltweit zunehmend an Bedeutung gewinnendes Standardformular für sehr viele Publikationen über die Behandlung von Kniebandverletzungen dar. Das gesamte IKDC-Formblatt setzt sich aus verschiedenen Formularen zusammen. Für diese Arbeit wurde nur isoliert das Formblatt zur subjektiven Beurteilung des Knies verwendet. Es enthält Kriterien über die Kniefunktion, die Beeinträchtigung im privaten und beruflichen Alltag, Beurteilung der Symptommhäufigkeit- und -stärke von Schmerzen, Blockierung und Schwellneigung. Die Funktionsfähigkeit des Kniegelenks wird vom Patienten vor und nach Verletzung eingeschätzt.

Zur Ermittlung des Gesamtergebnisses für das Formblatt zur subjektiven Beurteilung des Knies werden die Ergebnisse für die Einzelpunkte addiert und dann zu einer Skala mit dem Bereich 0 bis 100 transformiert. Zur Berechnung des Gesamtergebnisses für das Formblatt zur subjektiven Beurteilung des Knies ordnet man der Antwort des Patienten auf jede Frage eine Punktzahl zu, die einzelnen Antworten erhalten jeweils einen Zahlenwert, wobei 1 die niedrigste Funktionsstufe oder höchste Symptomstufe darstellt und mit steigender Funktionsstufe bzw. niedriger werdender Symptomstufe steigt der Wert jeweils um 1. Dann

berechnet man das Rohergebnis, indem die Punkte für alle Fragen addiert werden und das Rohergebnis wird in eine Skala von 0 bis 100 umgewandelt:

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

wobei die niedrigstmögliche Punktzahl 18 und der Bereich möglicher Punktzahlen 87 ist. Dieses umgewandelte Ergebnis wird als Maßstab für die Funktionsfähigkeit verwendet, wobei höhere Punktzahlen eine höhere Funktionsfähigkeit und geringere Symptome repräsentieren. Ein Ergebnis von 100 bedeutet, dass die täglichen oder sportlichen Aktivitäten keinen Beschränkungen unterliegen und dass keine Symptome vorliegen. Dem IKDC-Score wird eine gute Sensibilität bei der Feststellung des postoperativen Ergebnisses bescheinigt, Schwächen hat der Score bei der Feststellung von Veränderungen während der Verlaufbeobachtung.

2.2.3.3 Kujala-Knee-Score bzw Anterior-Knee-Pain-Scale (AKPS)

Die 1993 von Kujala aus dem Kujala-Score modifizierte Anterior-Knee-Pain-Scale bezieht 13 Punkte ein, die folgende Kategorien abdecken wie Gangbild, Gewichtsbelastung, Gehen, Treppen steigen, Kniebeugen, Rennen bzw. Joggen, Springen, längeres Sitzen mit gebeugten Knien, Schmerz, Schwellung, schmerzhafte Patellabewegungen bzw. Unsicherheitsgefühl im Knie, Muskelatrophie und Flexionsdefizit. Dem Patienten werden jeweils mehrere Antwortmöglichkeiten gegeben, die sich auf den Schmerz oder die Funktion des betroffenen Kniegelenkes beziehen. Es können insgesamt 0-100 Punkte vergeben werden von maximaler bis zu keiner Einschränkung insgesamt.

2.3 Radiologische Untersuchungen

Zur diagnostischen Beurteilung des Kniegelenkes und insbesondere des patellofemorale Gleitlagers bietet sich neben der klinischen Untersuchung die Darstellung des Gelenks mit Hilfe bildgebender Verfahren an. Besonders zur Analyse der Pathologie des Patellofemoralgelenkes ist eine exakte klinische Untersuchung in Verbindung mit Röntgenaufnahmen in drei Ebenen und Magnetresonanztomographie nötig, um eine klare Diagnose stellen zu können.

2.3.1 konventionelle nativ-radiologische Diagnostik:

Verwendet wurden Röntgenaufnahmen des Kniegelenkes im a.p.-, lateralen und axialen Strahlengang.

2.3.2 MRT-Diagnostik:

Zur radiologischen Beurteilung des patellofemorale Gelenkes ist das Schnittbild Mittel der Wahl. Man kann dadurch sowohl die Trochleamorphologie auf jeder Höhe beurteilen in Bezug zur posterioren Femurcondylenlinie, als auch die Patellamorphologie in Relation zum Femur und zur Tibia setzen und so Patella-Tilt, -Shift und Patella-Höhe sicher ausmessen. Das MRT zeigt ohne Strahlenbelastung den Knorpel und die Weichteilsituation des gesamten Gelenks und im speziellen des medialen patellofemorale Komplexes.

Patella-Tilt:

Um die Abkipfung der Patella in der Vertikalachse zu beurteilen, wird die axiale Hauptachse der Patella verlängert und mit der posterioren Condylenlinie geschnitten. Der Winkel, der physiologisch $< 15^\circ$ zur posterioren Condylenlinie messen soll, beschreibt den Tilt. (laterale patelläre Inklinatation)

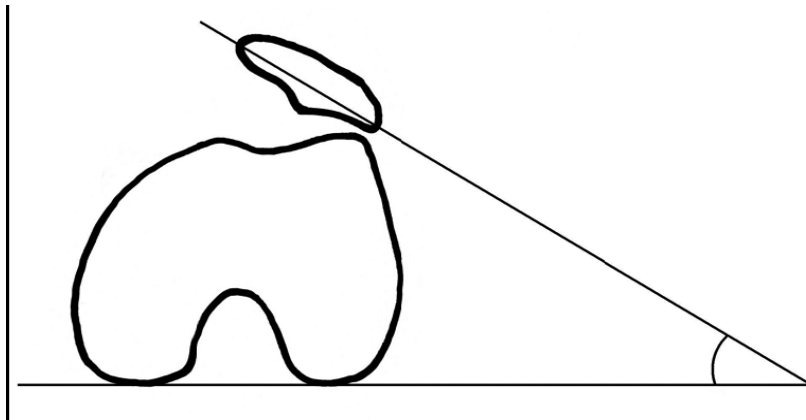


Abb. 4: patellärer Tilt (14)

Patella-Shift:

Man ermittelt die Lateralisierung der Patella indem man den Abstand zwischen retropatellärem Giebel (PG) und trochleärer Grube (TG) in Referenz zur posterioren Condylenlinie misst. Wenn sich die Patella $> 2,5$ mm lateral der Trochlea befindet handelt es sich um eine Subluxationsstellung.

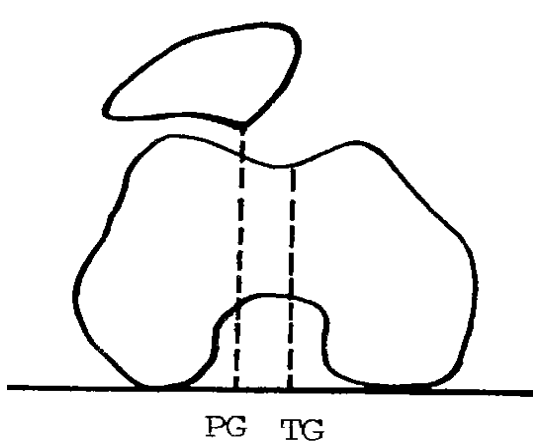


Abb. 5: patellärer Shift (14)

Patellahöhe :

Ein Hochstand der Patella kann wachstumsbedingt sein bei muskulären Dysbalancen, er kann aber auch durch eine habituelle Patellaluxation resultieren oder traumatisch bedingt sein bei Ruptur des Ligamentum patellae

Index nach Caton-Deschamps: Man misst das Verhältnis zwischen dem Abstand der distalen patellären Gelenkfläche zur anterioren tibialen Gelenkfläche (AT) und dem Abstand der

proximalen zur distalen patellären Gelenkfläche (AP). Werte $> 1,2$: Patella alta (Patella-Hochstand), Werte $< 0,8$: Patella infera (Patella-Tiefstand)

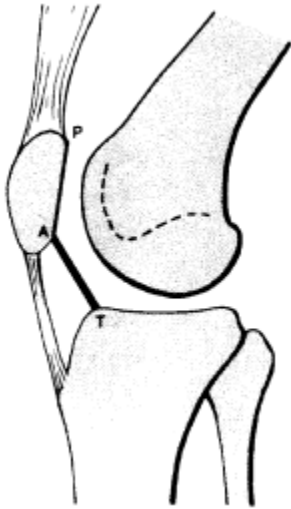


Abb. 6: Patellahöhe nach Caton-Deschamps (28)

Klassifikation der Trochleadysplasie

Grad	MRT/CT
A	Trochleamorphologie ist gut erhalten (relativ oberflächliche Trochlea)
B	Flache oder konvexe Trochlea, supratrochleärer Vorsprung
C	Assymetrische Trochleafacetten: lateral konvex, medial hypoplastisch
D	Assymetrische Trochleafacetten: vertikale Verbindung (cliff pattern), lateral stark konvex

Tab. 3: Klassifikation der Trochleadysplasie (44)

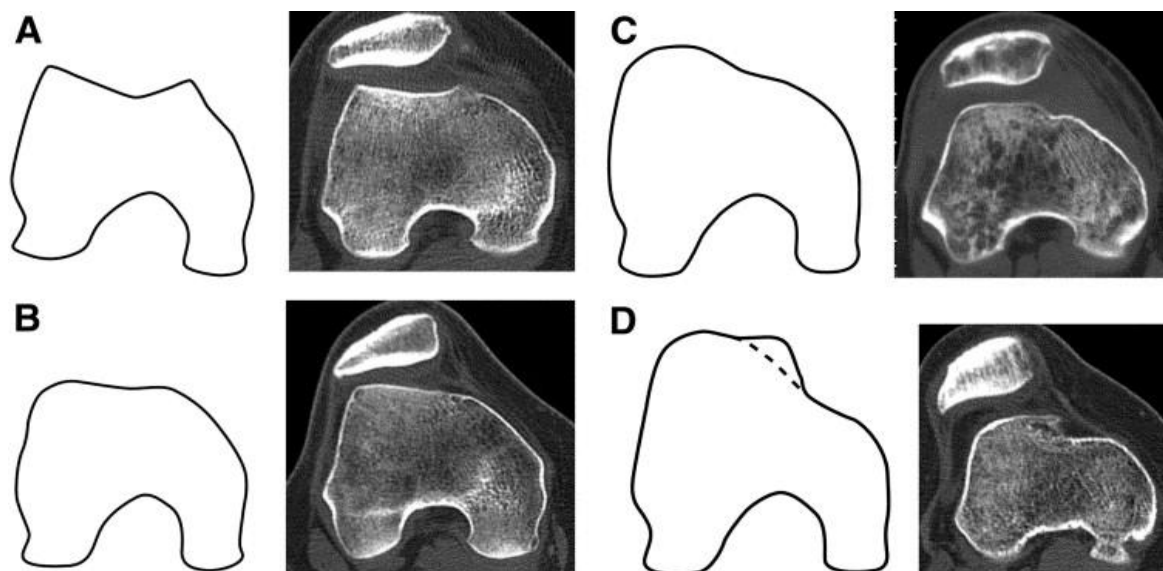


Abb. 7: Klassifikation des Grades der Trochleadysplasie nach Henri Dejour (44)

Wenn eine Trochleadysplasie vorliegt, wird dadurch die Führung der Patella in der trochleären Grube in früher Flexion deutlich erschwert und vermindert. Die Patella wird so nach proximolateral geschoben, wodurch sich patellärer Tilt und Shift vergrößern.

TTTG (Abstand zwischen Tuberositas tibiae und trochleärer Grube):

Der TTTG wird aus zwei axialen übereinanderprojizierten Schichten zusammengesetzt: dem Bereich der proximalen Trochlea, der zum ersten mal komplett mit Knorpel bedeckt ist (Funktion des Gleitlagers) und dem höchsten Punkt der Tuberositas tibiae, an dem das Ligamentum patellae inseriert. Der Abstand zwischen dem tiefsten Trochleapunkt und dem Tuberositaszentrum wird in Referenz zur posterioren Kondylenlinie, also einer Tangente zu den beiden Femurkondylen, gemessen, indem jeweils eine Senkrechte durch den tiefsten Punkt der Trochlea und das Zentrum des Patellasehnenansatzes gezogen wird. Abstände der beiden Senkrechten zwischen 12 und 15 mm gelten als physiologisch.

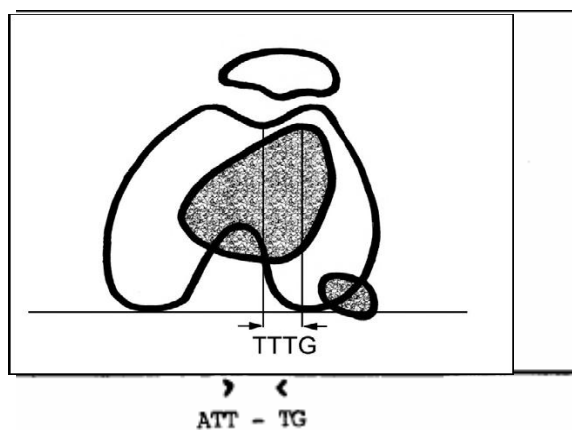


Abb. 8: TTTG-Abstand (14)

Femorale Insertionsstelle des MPFL-Rekonstrukts:

Die femorale Insertionsstelle sollte im Bereich der Verlängerung der posterioren Kortikalis des Femurs, zwischen dem proximalen Ansatz des medialen Epikondyls und dem posteriorsten Punkt der Blumensaat-Linie liegen. Zur Messung des Insertionspunktes wird eine Tangentiale zum posterioren Kortex gebildet mit einer Senkrechten dazu durch den initialen Teil der medialen Kondyle und einer weiteren Senkrechten durch den posteriorsten Teil der Blumensaat-Linie

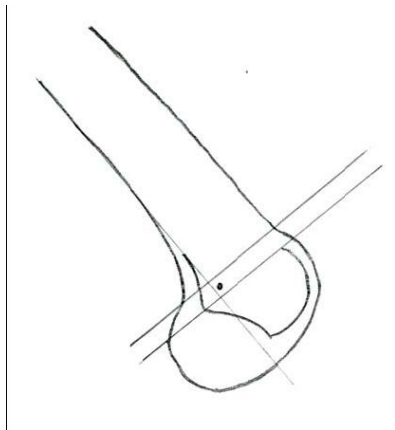


Abb. 9: femorale Insertionsstelle (159)

Patellärer Gelenknorpel und Arthrosestadien:

Die röntgenologische Klassifikation des Knorpelschadens und Beurteilung seines Schweregrades basiert grundsätzlich auf der Stadieneinteilung nach Kellgren und Lawrence. Hier wurde das MRT für die Bewertung von vorliegendem arthrotischem Knorpelschaden herangezogen.

Stadieneinteilung der Arthrose im Röntgenbild

I Geringe subchondrale Sklerosierung keine Osteophyten keine Gelenkspaltverschmälerung
II Geringe Gelenkspaltverschmälerung beginnende Osteophytenbildung angedeutete Unregelmäßigkeit der Gelenkfläche
III Ausgeprägte Osteophytenbildung Gelenkspaltverschmälerung Deutliche Unregelmäßigkeit der Gelenkfläche
IV Ausgeprägte Gelenkspaltverschmälerung bis zur vollständigen Destruktion Deformierung/ Nekrose der Gelenkpartner

Tab. 4: Stadieneinteilung der Arthrose im Röntgenbild nach Kellgren und Lawrence 1957

2.4 Methodik zur statistischen Auswertung der Ergebnisse

Zur statistischen Auswertung wurde für alle vorhandenen Variablen die Normalverteilung durch den Kolmogorov-Smirnov-Test getestet. (Es liegt keine Normalverteilung der Daten vor).

Somit wurde für die longitudinale Auswertung der Daten im Verlauf präoperativ bis 12 Monate postoperativ der Wilcoxon-Test für unabhängige Stichproben verwendet. Für den Operationsmethodenvergleich wurde der Wilcoxon-Test für abhängige Stichproben angewandt.

Hierbei gelten p-Werte $\leq 0,05$ als statistisch signifikant.

Alle Werte werden als Mittelwerte mit der entsprechenden Standardabweichung angegeben.

Die Daten werden zum einen als Einzelbefunde und zum anderen in Form von Scores dargestellt.

Daneben sind zur genaueren Charakterisierung der Patienten rein epidemiologische Daten wie z.B. Vorerkrankungen, Medikamenteneinnahme oder Sportart aufgeführt.

3. Ergebnisse

Die Darstellung der erhobenen Daten teilt sich in die Betrachtung der Ergebnisse der 49 Probanden, die mit einer MPFL-Rekonstruktion in Aperture-Technik versorgt wurden, sowie des Vergleichs ausgewählter Parameter zwischen diesen Probanden und 48 weiteren, die mit einer älteren indirekten Fixierungstechnik des MPFL durch Fadenanker im Zeitraum xy durch PD Dr. Philip Schöttle behandelt wurden und in einer Studie mit gleichem Studiendesign von Marina Münch nachuntersucht wurden

Im Folgenden werden nun die Ergebnisse vorgestellt, die durch die Daten an den jeweiligen Nachuntersuchungszeiträumen ermittelt wurden.

Zunächst werden die Ergebnisse der Patientengruppe die mit Aperturetechnik versorgt wurde dargestellt, dann folgt der Vergleich der Ergebnisse von 4 verschiedenen Subgruppen dieser Patientengruppe und zuletzt der Vergleich der Ergebnisse mit denen der Patientengruppe, welche eine andere Operationstechnik der MPFL-Rekonstruktion erhielt.

Jeweils Reihenfolge: Scores, klinische Untersuchung, Radiologie

Alle Patienten wurden von demselben Versuchsleiter telefonisch kontaktiert, einbestellt, befragt und untersucht.

3.1 Anamnestische Daten präoperativ und Daten des allgemeinen

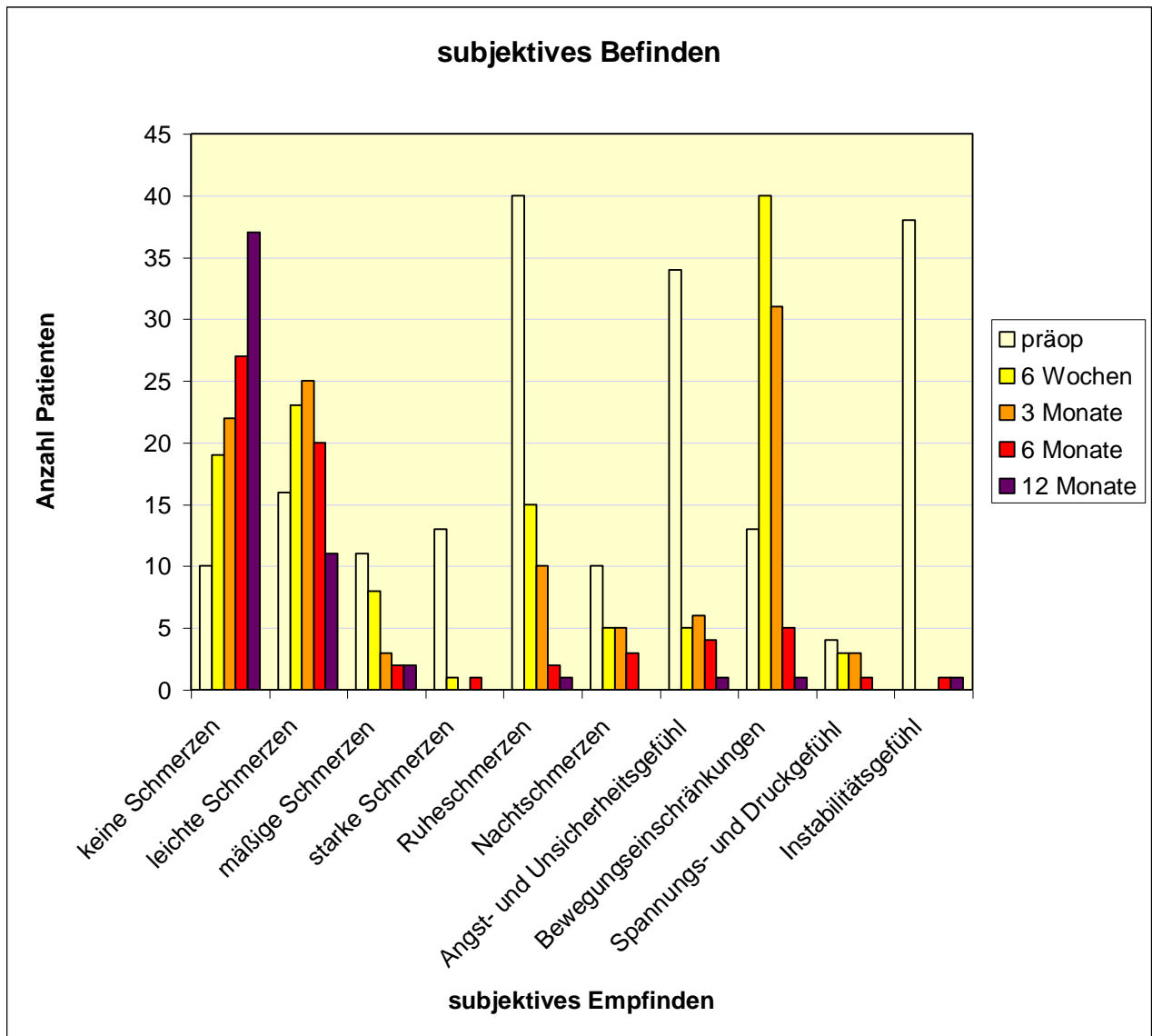
Fragebogens:

Tab. 5: Medikamente allgemein gegen Schmerzen im Kniegelenk und zur Ausführung sportlicher Aktivitäten (eingeschlossen Physiotherapie):

Zeitpunkt	Allgemein gegen Schmerzen im Kniegelenk (Anzahl Patienten)	Zum Sport (Anzahl Patienten)
Präoperativ	11	4
6 Wochen postop	5	5
3 Monate postop	1	4
6 Monate postop	0	0
1 Jahr postop	0	0

Abb. 10: subjektives Befinden:

In der folgenden Graphik ist die Anzahl der Patienten dargestellt, die zu den verschiedenen Untersuchungszeitpunkten jeweils eine bestimmte Symptomatik des betroffenen Kniegelenkes zeigten:



3.2 Ergebnisse der Patienten mit Aperture-technik

3.2.1 Klinische Untersuchung:

3 der Patienten konnten nach 3 Monaten nicht klinisch nachuntersucht werden, da sie aus zeitlichen Gründen den Untersuchungstermin nicht wahrnehmen konnten. Nach einem Jahr erschien 1 Patient nicht zur klinischen Nachuntersuchung, er wurde jedoch telefonisch befragt und schickte sein 1-Jahres-MRT per Post.

Gangbild(/ Intoeing):

präoperativ lag bei 11 Patienten ein Intoeing im Gangbild vor, nach 6 Wochen war das Gangbild überwiegend nicht beurteilbar (15x n.b., 11xj, 24xn), nach 3 Monaten war das Intoeing bei 15 Patienten positiv und nach 12 Monaten bei 7 Patienten positiv. Sonst gab es keine weiteren Auffälligkeiten.

Muskulatur:

präoperativ lag bei 20 Knien eine leichte Muskelatrophie vor, bei 3 Knien war die Muskulatur deutlich atrophisch.

6 Wochen nach der Operation war die Muskulatur bei 31 Knien leicht und bei 19 Knien deutlich arthrotisch.

Nach 3 Monaten war bei 37 Knien eine leichte, bei 7 Knien noch eine deutliche Muskelatrophie vorhanden, bei 5 Knien war keine Muskelatrophie feststellbar

12 Monate postoperativ war die Muskulatur bei 26 Knien noch leicht atrophisch, bei 24 Patientenknien ließ sich keine Muskulaturatrophie mehr nachweisen.

Erguss: Präoperativ war bei 4 Patienten ein Erguss im betroffenen Kniegelenk feststellbar.

6 Wochen nach der Operation lag bei 19 Patienten ein Kniegelenkserguss vor. Nach 3 Monaten verringerte sich die Zahl der Kniegelenke mit Erguss auf 11 und nach 12 Monaten postoperativ war nur noch bei 4 Patienten ein leichter Erguss im operierten Knie festzustellen.

Bewegungsausmaße: ROM, F/E in Winkel-Grad (°):

Der präoperative Mittelwert des maximalen Bewegungsumfanges im Kniegelenk lag bei $137 \pm 16 - 0,2 \pm 1 \quad 6 \pm 3$.

Nach 6 Wochen betrug dieser Wert $101 \pm 19 - 0,4 \pm 1,3 - 2 \pm 2,5$

Zum 3-Monatsnachuntersuchungstermin wurde ein Mittelwert von $131 \pm 16 - 0 - 3,5 \pm 3$ erreicht.

Nach 12 Monaten stieg der Mittelwert im Bewegungsumfang auf $148 \pm 13,5 - 0 - 6 \pm 3$

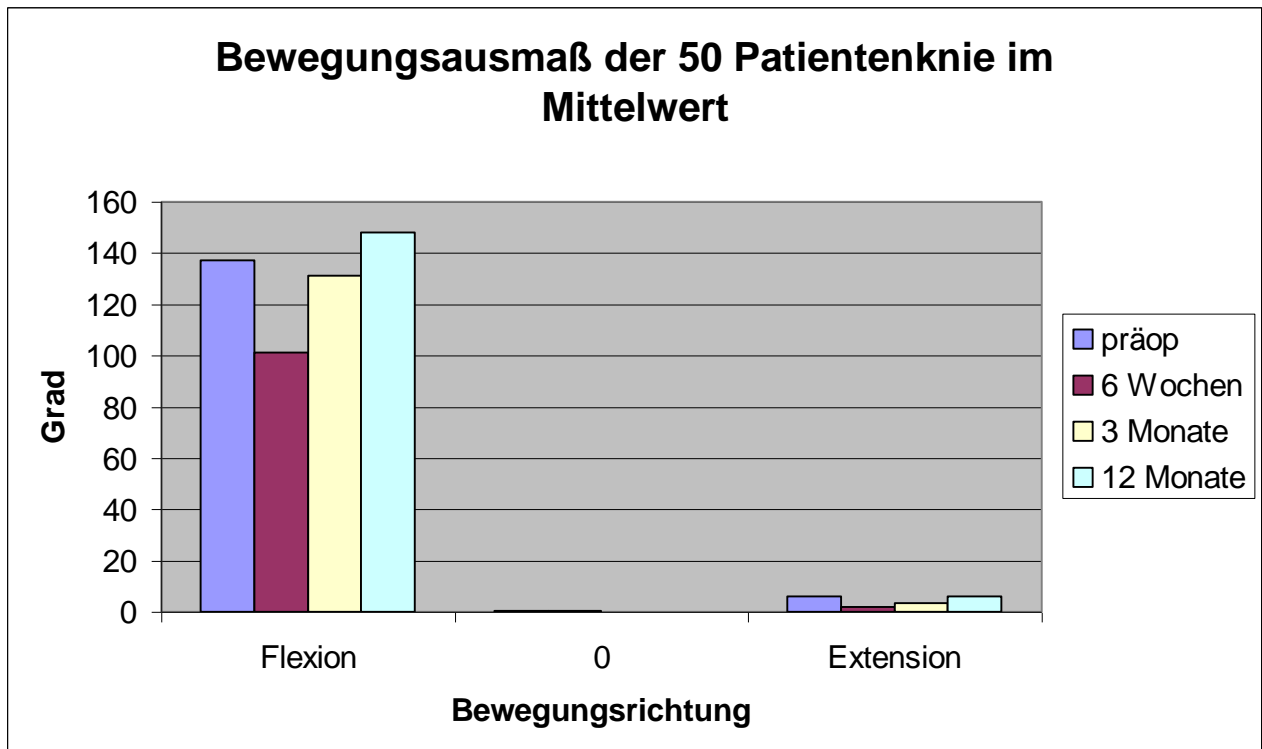
Sowohl in Flexions- als auch in Extensionsstellung lag 6 Wochen nach der Operation ein signifikant schlechteres Ergebnis vor. Das 3-Monatsnachuntersuchungs-Ergebnis des Bewegungsumfanges näherte sich im Mittelwert dem präoperativen Ergebnis jedoch schon stark an und zeigte im Bezug zum 6 Monatsnachuntersuchungs-Ergebnis eine signifikante Verbesserung. 12 Monate nach der Operation lag der Bewegungsumfang der operierten Kniegelenke im Mittelwert signifikant höher als bei den jeweils vorherigen Untersuchungsergebnissen:

Flexion: präopF/6WF $p=0,0001$, präopF/3MF $p=0,045$ 6WF/3MF $p=0,0001$,
12MF/3MF $p=0,0001$

0: präop0/6W0 $p=0,74$, präop0/3M0 $p=0,73$ 6W0/3M0 $p=0,5$, 12M0/3M0 $p=1$

Extension: präopE/6WE $p=0,0001$, präopE/3ME $p=0,0004$, 6WE/3ME $p=0,025$,
12ME/3ME $p=0,0012$

Abb. 11: Bewegungsausmaß



Schmerzbedingtes Flexionsdefizit:

Präoperativ war bei 13 Patienten im Bereich zwischen 120° und 140° ein schmerzbedingtes Flexionsdefizit festzustellen; der Mittelwert dieser 13 Patienten lag bei 128±12.

6 Wochen postoperativ gaben 23 Patienten ein schmerzbedingtes Flexionsdefizit im Mittelwert von 100±20 an, 2 Patienten gaben Schmerzen bei Extension >0° an.

Nach 3 Monaten lag bei 19 Patienten mit einem Mittelwert von 124±15 ein schmerzbedingtes Flexionsdefizit vor, 1 Patient gab Schmerzen bei Extension > 0° an.

Nach 12 Monaten gab kein Patient mehr ein schmerzbedingtes Flexionsdefizit oder andere schmerzbedingte Bewegungseinschränkungen an.

Crepitationen:

26 Patienten gaben nach einem Jahr Crepitationen im Kniegelenk an. Von diesen hatten 21 schon Voroperationen am betroffenen Kniegelenk gehabt.

Druckschmerzpunkte:

nach 12 Monaten war bei 4 Patientenknien ein Druckschmerz im medialen Gelenkspalt, bei 2 Patientenknien am lateralen Femurcondylus und bei einem Patientenknie an beiden Femurcondylen festzustellen. Ein Patient gab einen Druckschmerz medial über dem MPFL-Rekonstrukt an, ein weiterer distal der Patella, ein Patient lateral der Patella, 2 Patienten über der femoralen Schraube, ein Patient medial über der Insertionsstelle am oberen Patellapol und ein Patient über den Insertionsstellen sowohl femoral als auch patellär.

Kompressionsschmerz:

Präoperativ lag bei 15 Patienten ein Patellakompressionsschmerz vor.

Nach 6 Wochen gaben 6 Patienten einen Kompressionsschmerz an, nach 3 Monaten 3 Patienten und nach 12 Monaten war nur noch bei einem Patienten ein Kompressionsschmerz der Patella feststellbar.

Tab. 6 : Schöttle-test 12 Monate:

2x pos:0-90°

1x pos:20-60°

1x pos (Hoffaitis)

3x pos:0-40°

1x pos:20-40°

1x pos:60-90°

1x pos:40-60°

Facettendruckschmerz:

nach 12 Monaten gab ein Patient einen medialen Facettendruckschmerz an, ein weiterer Patient einen lateralen Facettendruckschmerz und bei einem Patienten lag an beiden Patellafacetten ein Druckschmerz vor.

Schmerzhafte Patellaverschieblichkeit:

Zum präoperativen Zeitpunkt war die Patellaverschieblichkeit bei 10 Patienten schmerzhaft. Nach 6 Wochen gaben nur noch 2 Patienten eine schmerzhafte Patellaverschieblichkeit an und ab dem 3- Monats- Untersuchungszeitpunkt war bei keinem der Patienten eine schmerzhafte Patellaverschieblichkeit mehr festzustellen.

Hypermobilität der Patella:

Präoperativ lag bei 46 Patientenknien eine hypermobile Patella vor.

Am 6-Wochen- und 3- Monats-Nachuntersuchungszeitpunkt war bei jeweils einem Patienten eine leichte Hypermobilität der Patella festzustellen. Die weiteren Tests zeigten jedoch, dass die Patella bei diesen Patienten stabil war.

Nach 12 Monaten lag bei einem Patientenknien eine Patellahypermobilität vor, die auch mit einer Instabilität und erneuten Luxationsereignissen im Kniegelenk einherging.

Apprehension-sign:

Präoperativ war das Apprehension-sign positiv bei 43 Patienten ab 0° bis zu einer Beugung von im Mittelwert $44^{\circ} \pm 12^{\circ}$

Nach 6 Wochen ließ sich bei 4 Patienten ein positives Apprehension-sign zwischen 0 und 20° feststellen, bei einem Patienten zwischen 0 und 40°.

Nach 3 Monaten war das Apprehension-sign bei 3 Patienten positiv zwischen 0 und 20 °, nach einem Jahr bei drei anderen Patienten positiv, diese Patienten gaben jedoch keine weiteren durch Instabilität im patellofemorale Gelenk hervorgerufene Einschränkungen an.

J-sign:

Das J-sign war präoperativ bei 43 Patientenknien als positiv und bei 7 Patientenknien als negativ festzustellen.

6 Wochen nach der Operation war das J-sign bei 48 Knien negativ und in 2 Fällen nicht beurteilbar.

Nach 3 Monaten erschien das J-sign bei 2 Patienten leicht positiv, ansonsten zeigten sich nur negative Ergebnisse.

Auch nach 12 Monaten war das J-sign bei 2 Patienten als leicht positiv einzustufen, jedoch mit ansonsten sehr guten klinischen Ergebnissen. Bei einem Patientenknien war ein deutliches J-sign mit weiteren Instabilitätszeichen der Patella festzustellen.

Collateral-, Kreuzbänder, Meniskuszeichen, allgemeine Bandlaxizität:

bei allen Probanden waren die Kreuz- und Kollateralbänder zu jedem Untersuchungszeitpunkt intakt, es ließen sich auch keine Meniskuszeichen feststellen. Die allgemeine Bandlaxizität war bei 3 weiblichen Probanden auffällig erhöht.

3.2.2 Scores:

Tegner-Score:

Der Mittelwert des präoperativen Tegner-Scores betrug $2,74 \pm 1,72$. Der Mittelwert des 6W-postoperativen Tegner-Scores betrug $2,26 \pm 1,22$. Dieser Unterschied zeigte im Wilcoxon Test für abhängige Stichproben keine Signifikanz ($p = 0,14$)

Der Mittelwert des 3M postoperativen Tegner-Scores betrug $3,56 \pm 1,16$. Somit zeigte sich eine signifikante Verbesserung im Vergleich zum präoperativen Tegner Score ($p = 0,003$)

Der Mittelwert des 6M postoperativen Tegner-Scores betrug $4,82 \pm 1,42$, der des 12M postoperativen Tegner-Scores $6,14 \pm 1,76$ und zeigte somit auch jeweils eine signifikante Verbesserung im Vergleich zum präoperativen Tegner Score (6M: $p < 0,01$, 12M: $p < 0,01$)

Der Mittelwert des 3M postoperativen Tegner-Scores verbesserte sich im Vergleich zu dem des 6M postoperativen Tegner-Scores statistisch signifikant ($p < 0,01$)

Der 6M postoperative Tegner-Scores zeigt im Vergleich zum 3M postoperativen Tegner-Score eine signifikante Verbesserung ($p < 0,01$), ebenso der des 12M postoperative Tegner-Score im Vergleich zum 6M postoperativen Tegner-Score. ($p < 0,01$)

Tab. 7: Tegneraktivitäts-Score: (n= 50)

Aktivitätslevel	Präoperativ	6 Wochen postoperativ	3 Monate postoperativ	6 Monate postoperativ	1 Jahr postoperativ
0-3	36 (72%)	44 (88%)	30 (60%)	10 (20%)	5 (10%)
4-6	12 (24%)	6 (12%)	19 (38%)	37 (74%)	20 (40%)
7-10	2 (4%)	0	1 (2%)	3 (6%)	25 (50%)

Kujala-Score:

Der Mittelwert des präoperativen Kujala-Scores betrug $58,24 \pm 18,49$. Der Mittelwert des 6W-postoperativen Kujala-Scores betrug $49,94 \pm 17,49$. Dieser Unterschied zeigte im Wilcoxon Test für abhängige Stichproben eine signifikante Verschlechterung des 6W-postoperativen Wertes ($p = 0,14$)

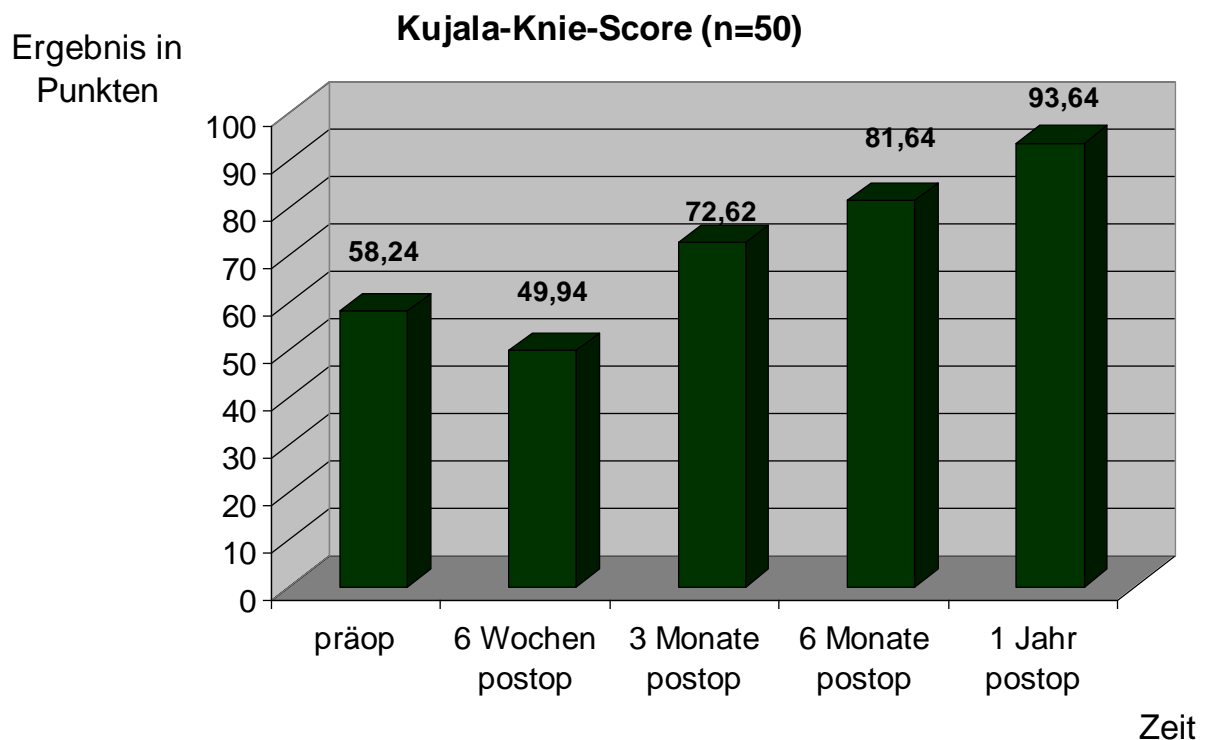
Der Mittelwert des 3M postoperativen Kujala-Scores betrug $72,62 \pm 16,89$. Somit zeigte sich eine signifikante Verbesserung im Vergleich zum präoperativen Kujala Score ($p < 0,01$)

Der Mittelwert des 6M postoperativen Kujala-Scores betrug $87,32 \pm 13,99$, der des 12M postoperativen Kujala-Scores $92,64 \pm 13,31$ und zeigte somit auch jeweils eine signifikante Verbesserung im Vergleich zum präoperativen Kujala Score (6M: $p = 0,0001$, 12M: $p = 0,0001$)

Der Mittelwert des 3M postoperativen Kujala-Scores verbesserte sich im Vergleich zu dem des 6M postoperativen Kujala-Scores statistisch signifikant ($p = 0,0001$)

Der 6M postoperative Kujala-Scores zeigt im Vergleich zum 3M postoperativen Kujala-Score eine signifikante Verbesserung ($p = 0,0001$), ebenso der des 12M postoperativen Kujala-Scores im Vergleich zum 6M postoperativen Kujala-Score. ($p = 0,0012$)

Abb. 12: Kujala-Score (n=50)



IKDC-Score:

Der Mittelwert des präoperativen IKDC-Scores betrug $53,54 \pm 16,41$. Der Mittelwert des 6W-postoperativen IKDC-Scores betrug $51,28 \pm 16,03$. Dieser Unterschied zeigte im Wilcoxon Test für abhängige Stichproben keine Signifikanz ($p = 0,22$)

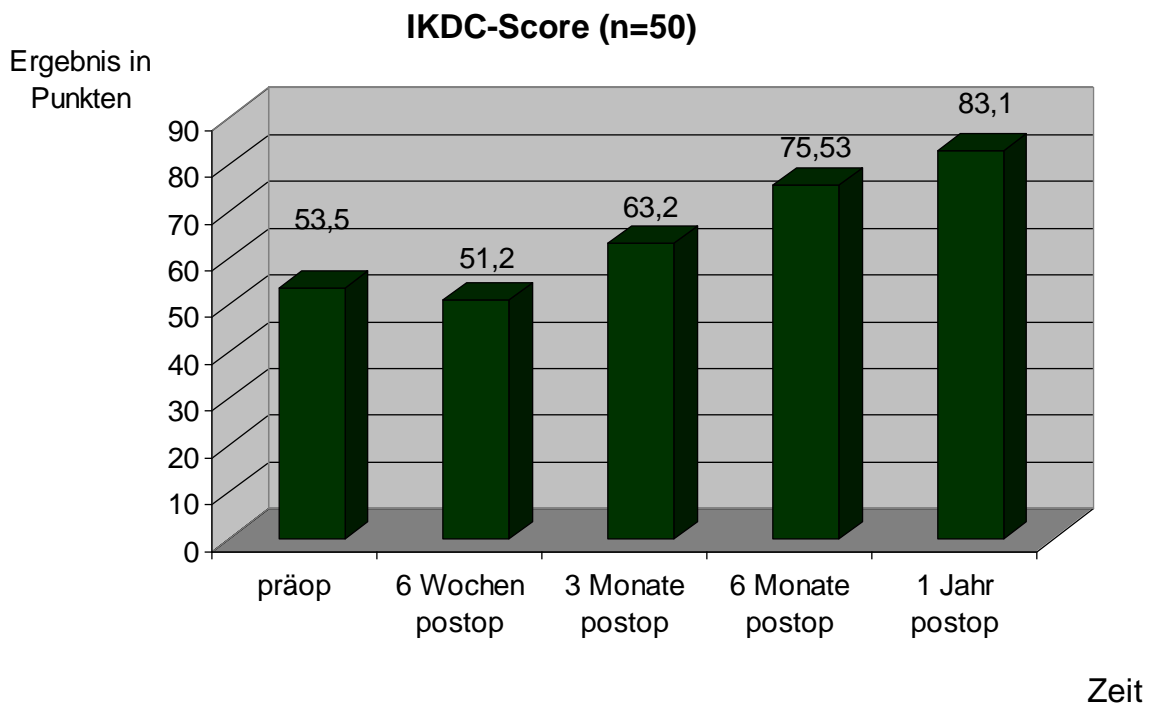
Der Mittelwert des 3M postoperativen IKDC-Scores betrug $63,3 \pm 15,55$. Somit zeigte sich eine signifikante Verbesserung im Vergleich zum präoperativen IKDC Score ($p = 0,0008$)

Der Mittelwert des 6M postoperativen IKDC-Scores betrug $75,54 \pm 14,09$, der des 12M postoperativen IKDC-Scores $83,18 \pm 14,10$ und zeigte somit auch jeweils eine signifikante Verbesserung im Vergleich zum präoperativen IKDC Score (6M: $p = 0,0001$, 12M: $p = 0,0001$)

Der Mittelwert des 3M postoperativen IKDC-Scores verbesserte sich im Vergleich zu dem des 6M postoperativen IKDC-Scores statistisch signifikant ($p = 0,0001$)

Der 6M postoperative IKDC-Score zeigt im Vergleich zum 3M postoperativen IKDC-Score eine signifikante Verbesserung ($p = 0,0001$), ebenso der der 12M postoperative IKDC-Score im Vergleich zum 6M postoperativen IKDC-Score. ($p = 0,0001$)

Abb. 13: IKDC-Score (n=50)



3.2.3. Radiologie:

Ein präoperatives MRT war bei 46 der Patienten auswertbar. 29 Patienten brachten ein Jahres-MRT mit zur Nachkontrolle.

Tab. 8: Trochleadysplasie/ Trochleaplastik:

Grad der Trochleadysplasie	Gesamt (n= 50)	Männer	Frauen
Keine	1	1	0
A	9	4	5
B	29	15	14
C	11	3	8
D	0	0	0

2 der Patienten mit Trochleadysplasie Grad B und 4 der Patienten mit Trochleadysplasie Typ C erhielten gleichzeitig zur MPFL-Rekonstruktion eine Trochleaplastik.

Patellahöhe:

Der Mittelwert der Patellahöhe betrug zum präoperativen Zeitpunkt $1,19 \pm 0,14$. Postoperativ errechnete sich ein Mittelwert von $1,13 \pm 0,22$. Die Mittelwerte lagen zu jedem Zeitpunkt innerhalb des Normbereiches der Patellahöhe (Index nach Caton-Deschamps: 1,2-0,8)

Die Patellahöhe nahm also im Mittelwert zwar ab, mit einem Signifikanzniveau von $p = 0,35$ änderte sie sich aber nicht signifikant.

Tilt:

Der Tilt lag präoperativ im Mittelwert bei $19,6 \pm 8,7$ und postoperativ bei $12,6 \pm 7,6$.

Es zeigt sich hier eine signifikante Verbesserung des postoperativen unphysiologisch erhöhten zum präoperativen im physiologischen Normbereich liegenden Wertes. ($p = 0,0013$)

Shift:

Der präoperative Shift lag im Mittelwert bei $5,4 \pm 4,3$, der postoperative Mittelwert betrug $2,2 \pm 1,7$, womit sich eine signifikante Verbesserung und eine Veränderung des postoperativen Shifts in den Normbereich ($< 2,5$ mm lateral der Trochlea) zeigt.

($p = 0,0003$)

TTTG:

Der postoperative TTTG verbesserte sich mit einem Mittelwert von $14,6 \pm 4,9$ in den Normbereich von 12-15 mm, diese Veränderung ist jedoch nicht signifikant zum präoperativen Mittelwert des TTTG von $17,2 \pm 7,3$ ($p = 0,48$)

MPFL-Ruptur:

Bei 17 Patienten war im MRT eine femorale MPFL-Ruptur nachweisbar, bei 14 Patienten lag die Rupturstelle intraligamentär und bei 10 Knien war die MPFL-Ruptur an der patellären Insertionsstelle nachweisbar. Bei 5 Patientenknien war die Rupturstelle auf dem MRT nicht beurteilbar.

Kellgren pat/fem/tib:

Präoperativ lag der Kellgren-Score im Mittelwert patellär bei $1,4 \pm 0,8$ femoral bei $0,8 \pm 0,8$ und tibial bei $0,6 \pm 0,7$

Postoperativ lagen die Mittelwerte bei patellär $1,4 \pm 0,9$, femoral $0,9 \pm 0,9$ und tibial $0,6 \pm 0,7$

Postoperativ ließ sich zwar eine sehr geringe Verschlechterung der Ergebnisse feststellen, es liegt jedoch kein signifikanter Unterschied im Vergleich der präoperativen mit den postoperativen Werten vor.

(pat p= 0,92, fem p= 0,5, tib p= 0,4)

ICRS pat/fem:

Der Mittelwert des ICRS lag präoperativ bei $1,8 \pm 0,9$ für die patelläre Gelenkfläche und bei $0,9 \pm 0,7$ für den femoralen Anteil.

Postoperativ lag der Mittelwert patellär bei $1,8 \pm 1$ und femoral bei $1,1 \pm 0,7$.

Es lässt sich hier eine leichte Verschlechterung des Ergebnisses im Verlauf sowohl patellär als auch femoral feststellen, die Mittelwerte unterscheiden sich jedoch im Vergleich der präoperativen mit den postoperativen Werten nicht signifikant.

(pat p= 0,95, fem p= 0,32)

Femorale Insertionsstelle des MPFL-Transplantats x/y :

Die femorale Insertionsstelle des MPFLs liegt auf der x-Achse im Mittelwert bei $-0,11 \pm 0,44$ und auf der y-Achse im Mittelwert bei $-0,08 \pm 0,4$

3.2.4 Zusammenfassung der Ergebnisse des Kapitels 3.2.

Bei der Betrachtung der Ergebnisse des vorhergehenden Kapitels zeigt sich für die Patienten, die mit einer MPFL-Rekonstruktion in Aperture-technik versorgt wurden, bereits 3 Monate nach der Operation in allen drei verwendeten Scores eine deutliche Verbesserung im Vergleich zum Ausgangswert mit jeweils statistisch signifikanten Score-Erhöhungen.

Insgesamt kam es nach einem Jahr zu sehr guten Ergebnissen in allen drei Scores.

Nach einem Jahr gaben 37 (76%) Patienten an, keine Schmerzen mehr zu haben, 11 (22%) berichteten noch von gelegentlich leichten Schmerzen und 2 Patienten (4%), von denen eine Patientin ein erneutes Luxationsereignis nach ca. 6 Monaten angab beschrieben noch insgesamt mäßige Schmerzen. Jene Patientin gab auch als einzige noch Ruheschmerzen, Bewegungseinschränkungen, Angst- und Unsicherheit und ein Instabilitätsgefühl im Kniegelenk nach 12 Monaten an.

Insgesamt waren die subjektiven Ergebnisse nach einem Jahr sehr gut.

Das Bewegungsausmaß erreichte 3 Monate postop annähernd den präoperativen Ausgangswert und stieg bis 12 Monate postop signifikant auf sehr zufrieden stellende Werte an. Auch die weiteren klinischen Untersuchungen zeigten gute und sehr gute Ergebnisse 12 Monate postoperativ.

Radiologisch zeigte sich eine geringfügige Abnahme der Patellahöhe innerhalb des Normbereiches, Patella-Tilt und -shift normalisierten sich im Mittelwert auf physiologisch normale Werte und auch der der TTTG verringerte sich im Mittelwert auf einen physiologisch normalen Abstand.

Beim Kellgren und Lawrence-Score und beim ICRS-Score gab es keine Signifikanzen, die Ergebnisse verschlechterten sich jedoch jeweils geringfügig.

3.3 Ergebnisse im Vergleich der 4 Subgruppen der Patienten mit Aperture-technik

Tab 9: Subgruppeneinteilung:

1 Patienten mit einer isolierten MPFL-Rekonstruktion ohne Voroperation/en n= 11	2 Patienten mit einer isolierten MPFL-Rekonstruktion mit Voroperation/en n= 5
3 Patienten mit Kombinationseingriff ohne Voroperation/en n= 10	4 Patienten mit Kombinationseingriff mit Voroperation/en n= 24

3.3.1 Klinische Untersuchung:

ROM, F/E :

Die jeweiligen präoperativen Ausgangswerte der 4 Subgruppen unterscheiden sich im Mittelwert nicht signifikant voneinander:

Auch im weiteren Verlauf unterscheiden sich die Mittelwerte der Ergebnisse des Bewegungsausmaßes im Kniegelenk der 4 Subgruppen nicht signifikant, mit Ausnahme des 6 Wochen-Nachuntersuchungstermins, an welchem die Gruppe 1 ein signifikant besseres Ergebnis in der Extension zeigt, als die Gruppe 2 ($p= 0,038$).

1: präop: $137,7 \pm 13,7 - 0 - 5,7 \pm 4,0$ 6W: $107,3 \pm 20,7 - 0 - 3,1 \pm 2,5$ 3M: $131,7 \pm 15,8 - 0 - 3,6 \pm 2,7$ 12M: $154,1 \pm 14,9 - 0 - 6 \pm 2,7$	2: präop: $138 \pm 35,6 - 5 \pm 2,2 - 6,4 \pm 4,2$ 6W: $110 \pm 18,7 - 0 - 0$ 3M: $135 \pm 11,1 - 0 - 2 \pm 2,7$ 12M: $150 \pm 8,2 - 0 - 4,5 \pm 1$
3: präop: $137,2 \pm 10,9 - 0 - 6,8 \pm 3,2$ 6W: $91 \pm 12,6 - 1 \pm 2,1 - 2 \pm 2,6$ 3M: $132,2 \pm 7,9 - 0 - 3,9 \pm 3,3$ 12M: $145 \pm 9,7 - 6,9 \pm 2,0 - \pm$	4: präop: $137,5 \pm 14,4 - 0,2 \pm 1 - 5,3 \pm 2,5$ 6W: $100,2 \pm 19,5 - 0,4 \pm 1,4 - 2 \pm 2,7$ 3M: $129,6 \pm 18,6 - 0 - 3,8 \pm 3,0$ 12M: $145,6 \pm 14,4 - 0 - 5,4 \pm 3,2$

Tab. 10: Bewegungsausmaße der 4 Subgruppen

Kompressionsschmerz:

In der Gruppe 1 lag präoperativ bei 2 Patienten ein Kompressionsschmerz der Patella vor, postoperativ gab keiner der Patienten der Gruppe 1 einen Kompressionsschmerz an.

Von den Patienten der Gruppe 2 gaben vor der Operation 2 Patienten, 6 Wochen danach nur noch ein Patient und zu späteren Untersuchungszeitpunkten kein Patient mehr einen Patellakompressionsschmerz an.

In der Gruppe 3 lag präoperativ 3x ein Kompressionsschmerz vor, dann wieder einmal nach 3 Monaten und nach einem Jahr war kein Kompressionsschmerz mehr auszulösen.

Von den Patienten der Gruppe 4 zeigten präoperativ 8 einen Kompressionsschmerz der Patella, nach 6 Wochen war dieser noch bei 5 Patienten, nach 3 Monaten bei 2 Patienten und nach 12 Monaten bei einem Patienten positiv.

1: präop 2xpos, postop: opB	2: präop:2x pos, 6W: 1xpos, 3M/12M: opB
3: präop: 3x pos, 6W: opB, 3M:1x pos, 12M:opB	4: präop:8x pos, 6W:5xpos, 3M:2xpos, 12M :1xpos

Tab. 11 : Kompressionsschmerz der 4 Subgruppen

Schöttle-test 12 Monate:

12 Monate nach der Operation war der Schöttle-test in der Gruppe 1 bei allen Patienten negativ. In der Gruppe 2 war er bei einem Patienten positiv in 0-40° Beugung, bei einem weiteren in 20-40° und bei einem Patienten in 60-90° Beugung positiv.

In der Gruppe 3 war nach 12 Monaten der Schöttle-test bei einem Patienten positiv in 0-90° und bei einem weiteren in 20-60°. Bei einem Patienten der Gruppe 3 war der Schöttle-test positiv aufgrund einer Hoffatitis.

Von den Patienten der Gruppe 4 zeigten 2 einen positiven Schöttle-test bei 0-40°, einer bei 0-60°, ein weiterer bei 0-90° und ein Patient gab Schmerzen bei 40-60° Beugung an.

Schmerzhafte Patellaverschieblichkeit 12 Monate:

Nach 12 Monaten gab keiner der Patienten eine schmerzhafte Patellaverschieblichkeit an.

Hypermobilität der Patella 12 Monate:

Nach 12 Monaten war nur bei einem Patienten der Gruppe 4 eine Hypermobilität der Patella festzustellen.

Apprehension-sign:

Das Apprehension-sign zeigte sich präoperativ in jeder Gruppe überwiegend positiv, nach 12 Monaten war es bei 2 Patienten der Gruppe 1, einem Patienten der Gruppe 3 und 3 Patienten der Gruppe 4 jeweils positiv in 0-20° Flexion.

J-sign:

Präoperativ war das J-sign bei 10 Patienten der Gruppe 1 (91%), bei 5 Patienten der Gruppe 2 (100%), bei 8 Patienten der Gruppe 3 (80%) und bei 20 Patienten der Gruppe 4 (83%) positiv.

12 Monate nach der Operation war nur noch bei 2 Patienten der Gruppe 4 ein positives J-sign vorhanden, einmal davon ohne weitere Zeichen der Kniegelenksinstabilität.

3.3.2 Scores:

Gruppe 1: Isolierte MPFL-Rekonstruktion ohne Voroperation/en n= 11:

	Tegner	Kujala	IKDC
Präop	2,55±1,75	52,9±20,28	49,72±17,35
6 Wochen	3,0±1,0	64,82±16,59	62,09±14,12
3 Monate	4,45±0,93	82,64±14,45	73,82±14,55
6 Monate	5,73±1,42	96,91±6,35	84,82±9,79
12 Monate	7,0±1,48	99,91±7,25	91,36±9,11

Tab. 12: Scoreergebnisse der Subgruppe 1

Gruppe 2: Isolierte MPFL-Rekonstruktion mit Voroperation/en n= 5:

	Tegner	Kujala	IKDC
Präop	2,2±0,84	54,8±15,27	53,8±16,81
6 Wochen	2,4±1,52	54,4±16,58	52,8±18,99
3 Monate	3,2±1,1	68,0±12,15	64,6±14,64
6 Monate	4,4±1,34	80,8±10,64	76,2±13,24
12 Monate	4,8±1,3	86,6±12,42	81,8±8,76

Tab. 13: Scoreergebnisse der Subgruppe 2

Gruppe 3: Kombinationseingriff ohne Voroperation/en n= 10:

	Tegner	Kujala	IKDC
Präop	4,0±2,16	75,8±19,01	67,9±14,03
6 Wochen	1,6±1,43	41,3±17,19	48,5±16,49
3 Monate	3,3±1,25	70,8±20,05	59,8±16,48
6 Monate	4,4±1,17	84,8±14,54	73±14,13
12 Monate	6,6±1,35	92,8±6,84	82,8±9,19

Tab. 14: Scoreergebnisse der Subgruppe 3

Gruppe 4: Kombinationseingriff mit Voroperation/en n= 24:

	Tegner	Kujala	IKDC
Präop	2,73±2,05	58,27±17,17	52,82±18,62
6 Wochen	2,73±0,9	50±15,38	48,09±18,71
3 Monate	3,73±1,42	71,45±20,08	61,73±18,85
6 Monate	5,0±1,73	90,0±18,07	74,27±18,02
12 Monate	6,18±2,14	92,36±17,39	79,82±20,86

Tab. 15: Scoreergebnisse der Subgruppe 4

Im Vergleich der 4 Subgruppen der Patienten, die mit einer MPFL-Rekonstruktion in Aperture-Technik versorgt wurden kam es zu folgenden Ergebnissen:

Tegner-Score:

Die Mittelwerte des präoperativ erhobenen Tegner-Scores unterscheiden sich innerhalb der 4 Gruppen im Wilcoxon-Test für unabhängige Stichprobe nicht signifikant, mit Ausnahme der Gruppe 3 (Kombinationseingriff ohne Voroperation/en), die gegenüber der Gruppe 2 (isoliert mit Voroperation/en) ein signifikant besseres Ergebnis zeigt (2-3:p= 0,04).

6 Wochen nach der Operation ist der Mittelwert des Tegner-Scores in der Gruppe 1 (isolierte MPFL-Rekonstruktion ohne Voroperation/en) jeweils signifikant besser als die der Gruppen 3 und 4 (1-3:p= 0,03; 1-4:p=0,0486).

3 Monate nach der Operation ist der Mittelwert des Tegner-Scores in der Gruppe 1 jeweils signifikant besser als die der Gruppen 2, 3 und 4. Die weiteren Mittelwerte unterscheiden sich untereinander nicht signifikant (1-2:p= 0,038; 1-3:p= 0,036; 1-4:p=0,004).

Im Vergleich der Ergebnisse des 6 Monate Tegner-Scores errechnet sich ein signifikant besserer Mittelwert der Gruppe 1 im Vergleich zur Gruppe 3 und 4 (1-3:p= 0,036; 1-4:p=0,047). Die übrigen Mittelwerte des 6 Monate Tegner-Scores unterscheiden sich voneinander nicht signifikant.

Sowohl der Mittelwert der Gruppe 1, als auch der Mittelwert der Gruppe 3 des 12 Monate Tegner-Scores stellen sich signifikant besser dar als der Mittelwert der Gruppe 2 (1-2:p= 0,013; 2-3:p= 0,028). Es lassen sich keine weiteren signifikanten Ergebnisse finden.

Kujala-Score:

Der Mittelwert des präoperativen Kujala-Scores der Gruppe 3 (Kombinationseingriff ohne Voroperation/en) ist jeweils signifikant besser als die Mittelwerte der übrigen 3 Gruppen (1-3:p= 0,024; 2-3:p= 0,04; 2-3:p= 0,04). Ansonsten gibt es präoperativ keine signifikanten Unterschiede.

Im Vergleich der Mittelwerte des 6 Wochen Kujala-Scores zeigt die Gruppe 1 signifikant bessere Ergebnisse als die Gruppen 3 und 4 (1-3:p= 0,0008; 1-4:p=0,002).

Im Vergleich der Mittelwerte des 3 Monate Kujala-Scores zeigt die Gruppe 1 ein signifikant besseres Ergebnis als die Gruppe 4 (1-4:p=0,039)

Der Mittelwert des 6 Monate Kujala-Scores der Gruppe 1 ist jeweils signifikant besser als die Mittelwerte der Gruppen 2, 3 und 4 (1-2:p= 0,01; 1-3:p= 0,016; 1-4:p=0,024)

Es lassen sich keine weiteren signifikanten Unterschiede feststellen

Nach 12 Monate lässt sich in der Gruppe 1 ein signifikant besseres Ergebnis im Kujala-Score finden als jeweils in der Gruppe 2 und 3 (1-2:p= 0,019; 1-3:p= 0,013).

Die weiteren Mittelwerte unterscheiden sich nicht signifikant voneinander.

IKDC-Score:

Der Mittelwert des präoperativen IKDC-Scores der Gruppe 3 ist jeweils signifikant besser als die Mittelwerte der Gruppe 1 und 4 (1-3:p= 0,01; 3-4:p= 0,003). Es lassen sich keine weiteren signifikanten Unterschiede finden.

Der Mittelwert des 6 Wochen IKDC-Scores der Gruppe 1 ist signifikant besser als der Mittelwert der Gruppe 4 (1-4:p=0,008). Es lassen sich keine weiteren signifikanten Unterschiede feststellen.

Der Mittelwert des 3 Monate IKDC-Scores der Gruppe 1 ist signifikant besser als jeweils die Mittelwert der Gruppen 3 und 4 (1-3:p= 0,043; 1-4:p=0,015). Es lassen sich keine weiteren signifikanten Unterschiede feststellen.

6 Monate nach der Operation ist der Mittelwert des IKDC-Scores in der Gruppe 1 signifikant besser als in der Gruppe 4 (1-4:p=0,025). Der Vergleich der übrigen Ergebnisse zeigt hier keine weiteren signifikanten Unterschiede.

Im Vergleich der Mittelwerte des 12-Monate IKDC-Scores errechnet sich für die Gruppe 1 jeweils ein signifikant besseres Ergebnis als für die übrigen Gruppen, welche sich aber untereinander nicht signifikant unterscheiden (1-2:p= 0,013; 1-3:p= 0,007; 1-4:p=0,031)

3.3.3 Radiologie:

Patellahöhe:

1: präop:1,17±0,15 postop:1,15±0,07	2: präop:1,3±0,2 postop:1,2±0,2
3: präop:1,2±0,1 postop:1,1±0,1	4: präop:1,2±0,1 postop:1,2±0,2

Tab. 16: Patellahöhe im Vergleich der 4 Subgruppen

Die 4 Subgruppen unterschieden sich in den Ergebnissen der Mittelwerte der Patellahöhe nicht signifikant. Während sich die Werte der Gruppen 1-3 postoperativ zum präoperativen Ausgangswert jeweils verringerten, stieg der Mittelwert der Gruppe 4 minimal an, blieb jedoch auch im physiologischen oberen Normbereich.

Tilt:

1: präop:19±9,4 postop:12±6,4	2: präop:20±14 postop:10±8,4
3: präop:25±8 postop:12±5	4: präop:17,5±7 postop:15,5±9

Tab. 17: Tilt im Vergleich der 4 Subgruppen

Bis auf die präoperativen Mittelwerte der Gruppe 3 und 4 ($p=0,008$) unterscheiden sich die Mittelwerte des Tilts zwischen den einzelnen Gruppen nicht signifikant voneinander.

In der Gruppe 4 liegt der Mittelwert knapp oberhalb der physiologischen Grenze (15°) des Winkels zur posterioren Condylenlinie, in den anderen Gruppen hat er sich jeweils auf physiologische Werte postoperativ verringert.

Shift:

1: präop:5,7±4,4 postop:1,8±1,9	2: präop:4±4,7 postop:3±1,4
3: präop:7±4,7 postop:2,7±1,4	4: präop:4,8±4 postop:2,2±2,1

Tab. 18: Shift im Vergleich der 4 Subgruppen

Für den Shift zeigen sich zwischen den Gruppen im Mittelwert keine signifikanten Unterschiede. Der postoperative Wert verringerte sich in jeder Gruppe deutlich, in den Gruppen 2 und 3 blieb der Mittelwert des patellären Shifts postoperativ jedoch gering oberhalb der Norm von $<2,5$ mm lateral der Trochlea.

Kellgren und Lawrence pat/fem/tib:

1: präop pat:1,4±0,9 fem:0,9±0,9 tib:0,9±0,9 postop pat:1,2±0,8 fem:0,7±0,9 tib:0,3±0,5	2: präop pat:1,3±0,5 fem:0,5±0,6 tib:0,3±0,5 postop pat:1 fem:0 tib:0
3: präop pat:1,7±0,7 fem:1±0,8 tib:0,7±0,5 postop pat:1,6±1,1 fem:1,4±1,1 tib:1±0,8	4: präop pat:1,3±0,8 fem:0,8±0,8 tib:0,5±0,7 postop pat:1,7±0,8 fem:0,8±0,8 tib:0,5±0,7

Tab. 19: Arthrosegrad im Vergleich der 4 Subgruppen

Es lassen sich bezüglich der errechneten präoperativen Mittelwerte im Kellgren and Lawrence-Score keine signifikanten Unterschiede zwischen den 4 Subgruppen feststellen. Auch in den postoperativen Werten gibt es keine Signifikanzen. Auffällig sind die zum Teil besseren postoperativen Werte im Vergleich zu den präoperativen Mittelwerten, was dadurch zu erklären ist, dass postoperativ nicht alle Patienten ein MRT vorweisen konnten und so nicht alle postoperativen Knorpel-Ergebnisse erfasst werden konnten.

ICRS pat/fem:

1: präop pat:1,7±1,1 fem:0,7±0,5 postop pat:1,6±1,1 fem:0,8±0,7	2: präop pat:1,3±0,5 fem: 0,5±1 postop pat:1 fem:0,5±0,7
3: präop pat:2±0,7 fem:1,1±0,3 postop pat:2,1±0,9 fem:1,6±0,5:	4: präop pat:1,9±0,9 fem:1,1±0,7 postop pat:2±0,8 fem:1,2±0,8

Tab. 20: ICRS im Vergleich der 4 Subgruppen

Die Mittelwerte der 4 Subgruppen im ICRS unterscheiden sich weder prä- noch postoperativ signifikant voneinander. Die teilweise besseren postoperativen Werte lassen sich genau wie beim Kellgren and Lawrence-Score durch die nicht vollständigen postoperativen MRTs erklären.

3.3.4 Zusammenfassung der Ergebnisse des Kapitels 3.3.

Bei Betrachtung der Ergebnisse der 4 Gruppen innerhalb der Patientengruppe die mit Aperture-technik versorgt wurde ist hervorzuheben, dass die Gruppe 1 zu jedem postoperativen Nachuntersuchungszeitpunkt in allen drei Scores die besten Ergebnisse zeigt. Im Tegner-Score zeigt die Gruppen 2 ein deutlich schlechteres Ergebnis nach einem Jahr als die übrigen 3 Gruppen.

Für den Kujala-Score errechnet sich im präoperativen Ausgangswert in der Gruppe 3 ein signifikant besseres Ergebnis als in den übrigen Gruppen. In der Gruppe 1 findet sich nach 6 Monaten und nach einem Jahr ein signifikant besseres Ergebnis als in den jeweiligen anderen Gruppen, die sich in ihren Jahresergebnissen untereinander jedoch nicht signifikant unterscheiden, wobei die Gruppe 2 das schlechteste Ergebnis vorweist.

Im Vergleich der Ergebnisse des IKDC-Scores zeigt sich nach 12 Monaten in der Gruppe 1 ein jeweils signifikant besseres Ergebnis als in den weiteren 3 Gruppen. Diese unterscheiden sich nach einem Jahr im IKDC-Score untereinander jedoch nicht signifikant.

In der klinischen Untersuchung zeigten sich im Vergleich der Ergebnisse des Bewegungsumfanges im operierten Kniegelenk keine nennenswerten Signifikanzen.

Auch die Schmerztests zeigten sich in allen 4 Gruppen nach einem Jahr überwiegend ohne Schmerz-Befund.

Das Apprehension-sign war nach 12 Monaten überwiegend negativ, nur eine Patientin gab zu diesem Zeitpunkt noch ein echtes Instabilitätsgefühl an. Hier zeigte sich auch nach 12 Monaten ein positives J-sign.

In den radiologischen Betrachtungen zeigten sich weder bei Patellahöhe, Patella-tilt und – shift noch bei Knorpel- und Arthrosestatus signifikante Unterschiede.

3.4. Vergleich der Aperture- mit der Fadenankertechnik

Es folgt ein Vergleich der Ergebnisse der Patientengruppe, die mit einer älteren indirekten Fixierungstechnik operiert wurden. Es handelt sich dabei um Patienten, die im Zeitraum xy am Klinikum rechts der Isar durch PD Dr. Philip Schöttle mit einer MPFL-Rekonstruktion durch Fadenanker versorgt wurden.

3.4.1 Klinische Untersuchung:

Kann es beim Patienten durch die stärker invasive patelläre Verankerung des MPFL-Rekonstrukts initial postoperativ durch den eventuell entstehenden Überdruck in der Patella zu vermehrten Schmerzen im Vergleich mit der Ankertechnik kommen?

(Ist die neue Technik „schneller/eher“ besser?)

ROM F/E

Aperture gesamt:

Der präoperative Mittelwert des maximalen Bewegungsumfanges im Kniegelenk lag bei $137 \pm 16 - 0,2 \pm 1 - 6 \pm 3$.

Nach 6 Wochen betrug dieser Wert $101 \pm 19 - 0,4 \pm 1,3 - 2 \pm 2,5$

Zum 3-Monatsnachuntersuchungstermin wurde ein Mittelwert von $131 \pm 16 - 0 - 3,5 \pm 3$ erreicht.

Nach 12 Monaten lag der Mittelwert im Bewegungsumfang bei $148 \pm 13,5 - 0 - 6 \pm 3$

Fadenanker gesamt:

Der präoperative Mittelwert des maximalen Bewegungsumfanges im Kniegelenk lag bei $129 \pm 23 - 0,6 \pm 2,2 - 3 \pm 5$.

Nach 6 Wochen betrug dieser Wert $97 \pm 21 - 2,9 \pm 5,4 - 0,9 \pm 2,2$

Zum 3-Monatsnachuntersuchungstermin wurde ein Mittelwert von $130 \pm 19 - 0,4 \pm 1,7 - 2,6 \pm 4$ erreicht.

Nach 12 Monaten lag der Mittelwert im Bewegungsumfang bei $138 \pm 13 - 0,2 \pm 1 - 3 \pm 4$

Vergleich:

Prä pF=0,28 p0=0,7 pE=0,0001

6W pF=0,53 p0=0,08 pE=0,051

3M pF=0,78 p0=0,6 pE=0,054

12M pF=0,0029 p0=0,73 pE=0,002

Nach 12 Monaten zeigt die Aperture-Gruppe ein signifikant besseres Ergebnis als die Fadenanker-Gruppe sowohl für die Flexion- ($p=0,0029$) als auch für die Extensionstellung ($p=0,002$).

Tab. 21: Kompressionsschmerz im Vergleich Aperture-/Fadenankertechnik (pos):

Die Aperture-Gruppe zeigt einen steten Abfall der Zahl der Patienten, welche den Patella-Kompressionstest als schmerzhaft angaben und erzielten zu jedem Untersuchungszeitpunkt signifikant bessere Ergebnisse als die Patienten der Fadenankertechnik.

	Präop	6 Wochen	3 Monate	12 Monate
Aperture	15	6	3	1
Fadenanker	25	31	38	34

präop p=0,046 6W p=0,0001 3M p=0,0001 12M p=0,0001

Facettendruckschmerz:

A: nach 12 Monaten 1x med, 1x lat, 1x med+lat

F: nach 12 Monaten 3x 3, 4x2, 8x0 (??)

Schöttle-test:

Aperture: 12 Monate

2x pos:0-90°

pos:20-60°

pos (Hoffaitis)

3x pos:0-40°

pos:20-40°

pos:60-90°

pos:40-60°

pos:0-60°

Fadenanker: 12 Monate

1x 40-60°

2x >90°, 2x bei 0°

1x 0-30°

1x 0-90°

1x >110°

1x 30-70°

1x 0-60°

1x bei 30°

Schmerzhafte Patellaverschieblichkeit:

Die Patellaverschieblichkeit war schon nach 3 Monaten bei keinem Patienten mehr schmerzhaft, in der Fadenanker-Gruppe zeigte sich jedoch nach 12 Monaten bei noch 10 Patienten eine schmerzhafte Patellaverschieblichkeit.

Hypermobilität der Patella:

12 Monate nach der Operation zeigte sich bei einer Patientin der Aperture-Gruppe eine Hypermobilität der Patella, in der Fadenanker-Gruppe war bei 2 Patienten eine Patellahypermobilität feststellbar.

Apprehension-sign:

In der Aperture-Gruppe war präoperativ das Apprehension-sign positiv bei 43 Patienten ab 0° bis zu einer Beugung von im Mittelwert $44^{\circ} \pm 12^{\circ}$

Nach 6 Wochen ließ sich bei 4 Patienten ein positives Apprehension-sign zwischen 0 und 20° feststellen, bei einem Patienten zwischen 0 und 40°

Nach 3 Monaten war das Apprehension-sign bei 3 Patienten positiv zwischen 0 und 20°, nach einem Jahr bei drei anderen Patienten positiv, von denen jedoch nur eine Patientin weitere durch Instabilität im patellofemorale Gelenk hervorgerufene Einschränkungen angab.

Im Vergleich dazu war bei den Patienten der Gruppe mit der Fadenanker-Technik nach 12 Monaten kein positives Apprehension-sign feststellbar.

J-sign:

Im Vergleich der Jahresergebnisse war das J-sign bei 2 Patienten der Aperture-Gruppe sehr leicht positiv und bei einer Patientin deutlich positiv, ansonsten zeigten sich sehr gute klinische Ergebnisse

Nach 12 Monaten zeigte sich das J-sign bei 7 Patienten der Fadenanker-Technik positiv.

3.4.2 Scores:

Der Mittelwert des präoperativen Tegner-Scores der Fadenanker-Technik betrug $2,92 \pm 2,15$, der der Aperture-Technik $2,74 \pm 1,72$.

Der Vergleich des präoperativen Tegner Scores zwischen Patienten mit der Fadenankertechnik und der Aperture-Technik zeigte keinen signifikanten Unterschied im Wilcoxon Test für unabhängige Stichproben ($p=0,76$).

Im Vergleich der weiteren Mittelwerte des Tegner-Scores lässt sich nur beim 3 Monate-Tegner-Score eine signifikante Verbesserung der Aperture-Gruppe gegenüber der Fadenanker-Gruppe feststellen ($p=0,039$). Die weiteren Ergebnisse unterscheiden sich hier nicht signifikant voneinander.

Im Vergleich der Mittelwerte des Kujala-Scores zeigt die Aperture-Gruppe mit Ausnahme des präoperativen Termins ein jeweils signifikant besseres Ergebnis als die Fadenanker-Gruppe.

Der IKDC-Score zeigt im Vergleich der Mittelwerte der Fadenanker- und der Aperture-Gruppe zwar insgesamt deutlich bessere Ergebnisse der Aperture-Gruppe, an keinem der Nachuntersuchungstermine jedoch einen signifikanten Unterschied.

	Fadenanker	Aperture	p
Präop Tegner	$2,92 \pm 2,15$	$2,74 \pm 1,72$	0,76
6 W Tegner	$1,79 \pm 0,92$	$2,26 \pm 1,22$	0,0507
3 M Tegner	$3,08 \pm 1,49$	$3,56 \pm 1,16$	0,039
6 M Tegner	$5,08 \pm 2,32$	$4,82 \pm 1,42$	0,56

12 M Tegner	5,89±2,64	6,14±1,76	0,96
Präop Kujala	53,44±21,95	58,24±18,49	0,21
6 W Kujala	36,23±15,41	49,94±17,49	0,0001
3 M Kujala	58,42±22,09	72,62±16,89	0,001
6 M Kujala	73,56±20,13	87,32±13,99	0,004
12 M Kujala	78,93±21,69	92,64±13,31	0,0005
Präop IKDC	53,73±19,62	53,54±16,41	0,95
6 W IKDC	44,54±14,94	51,28±16,03	0,071
3 M IKDC	60,02±17,81	63,3±15,55	0,55
6 M IKDC	73,14±19,56	75,54±14,09	0,74
12 M IKDC	79,41±21,41	83,18±14,10	0,903

Tab. 22: Scores im Vergleich der beiden Operationstechniken

3.4.3 Radiologie:

Patellahöhe:

Während der Mittelwert der Patellahöhe der Fadenanker-Gruppe präoperativ mit $1,28 \pm 0,23$ leicht über dem physiologischen Normwert lag, bewegte sich der Mittelwert der Patellahöhe in der Aperture-Gruppe sowohl prä- als auch postoperativ im Normbereich (präop $1,19 \pm 0,14$ postop $1,15 \pm 0,12$) In beiden Gruppen lässt sich eine Verringerung der Patellahöhe erkennen, die in der Fadenankergruppe jedoch größer ist (Fadenanker postoperativ: $1,08 \pm 0,16$)

Die Mittelwerte der beiden Gruppen unterscheiden sich sowohl präoperativ als auch postoperativ signifikant voneinander (präoperativ $p=0,049$ postoperativ $p=0,026$)

Tilt:

Die Ergebnisse des Tilts zeigen im Vergleich der Mittelwerte der beiden Gruppen weder präoperativ noch postoperativ Signifikanzen. Sie zeigen jedoch in beiden Gruppen einen Abfall von präoperativ im Mittelwert unphysiologisch erhöhten Winkel-Werten (Aperture präoperativ $19,6 \pm 8,7$; Fadenanker präoperativ $18,2 \pm 7,9$) zu postoperativen im Normbereich ($<15^\circ$ zur posterioren Condylenlinie) liegenden Ergebnissen (Aperture postoperativ $13,1 \pm 7,2$; Fadenanker postoperativ $10,9 \pm 6,8$)

Shift:

Die Mittelwerte des Shifts der beiden Gruppen unterscheiden sich zu keinem Zeitpunkt signifikant voneinander. Sie liegen beide präoperativ oberhalb der physiologischen Obergrenze von 2,5 mm lateral der Trochleagrube (Aperture präoperativ $5,4 \pm 4,3$; Fadenanker präoperativ $6,5 \pm 3,8$).

Während die Fadenankergruppe mit einem Mittelwert von $3,3 \pm 1,9$ auch postoperativ leicht über dieser Grenze bleibt, normalisiert sich die Aperture-Gruppe jedoch mit einem Mittelwert von $2,2 \pm 1,7$.

Kellgren pat/fem/tib:

Die präoperativen Mittelwert-Ergebnisse der Aperture-Gruppe waren jeweils signifikant besser als die der Fadenanker-Gruppe (patellär $p=0,01$; femoral $p=0,03$; tibial $p=0,0004$).

Postoperativ zeigte die Aperture tendenziell zwar insgesamt bessere Ergebnisse, aber nur tibial war der Score signifikant besser ($p=0,0005$).

Aperture: präop pat $1,4 \pm 0,8$ fem $0,8 \pm 0,8$ tib $0,6 \pm 0,7$

postop pat $1,4 \pm 0,9$ fem $0,9 \pm 0,9$ tib $0,6 \pm 0,7$

Fadenanker präop pat $2,1 \pm 1,2$ fem $1,2 \pm 0,5$ tib $1,1 \pm 0,5$

postop pat $1,8 \pm 0,9$ fem $1,1 \pm 0,3$ tib $1,1 \pm 0,5$

ICRS pat/fem:

Insgesamt zeigten die Patienten der Aperture-Gruppe im Mittelwert des ICRS-Scores leicht bessere Ergebnisse als die der Fadenanker-Gruppe. Es ließen sich jedoch keine signifikanten Unterschiede errechnen.

Aperture: präop pat $1,8 \pm 0,9$ fem $0,9 \pm 0,7$

postop pat $1,8 \pm 1$ fem $1,1 \pm 0,7$

Fadenanker präop pat $1,9 \pm 0,9$ fem $1,2 \pm 0,5$

postop pat $2,1 \pm 1$ fem $1,3 \pm 0,6$

Femorale Insertionsstelle des MPFL-Transplantats:

In den errechneten Mittelwerten unterscheiden sich die in diesem Teil zu vergleichenden Gruppen nicht signifikant.

Die Ergebnisse liegen alle im Mittelwert innerhalb des Normbereiches des Insertionspunktes, der im gedachten Achsenkreuz (siehe Material und Methoden-Teil) jeweils maximal 5 mm in jede Richtung abweichen darf.

Aperture : $x = -0,11 \pm 0,44$ $y = -0,08 \pm 0,46$

Fadenanker : $x = -0,08 \pm 0,45$ $y = -0,2 \pm 0,6$

3.4.4 Zusammenfassung der Ergebnisse des Kapitels 3.4

In den Scores zeigte die Aperture-Gruppe, welche präoperativ im Tegner- und im IKDC-Score geringfügig schlechtere Ausgangswerte vorwies, zu fast jedem Nachuntersuchungszeitpunkt bessere Ergebnisse. Signifikanzen zeigen sich jedoch nur im Kujala-Score zu jedem Nachuntersuchungszeitpunkt.

Die klinische Untersuchung zeigte für die Aperture-Gruppe einen präoperativ signifikant besseren Ausgangswert im Bewegungsumfang. 12 Monate nach der Operation erzielten die Patienten der Aperture-Gruppe sowohl in der Flexion als auch in der Extension des Kniegelenks im Mittelwert signifikant bessere Ergebnisse als die Patienten der Fadenanker-Gruppe.

Die Schmerztests zeigten in der Aperture-Gruppe deutlich bessere Ergebnisse, nach 12 Monaten waren die Patienten hier überwiegend schmerzfrei, während zum Beispiel der

Kompressionsschmerz oder die schmerzhafte Patellaverschieblichkeit bei einem erheblichen Anteil der Patienten der Fadenanker-Gruppe positiv waren.

Im Apprehension-sign und im J-sign zeigten sich ein Jahr nach der Operation keine auffälligen Unterschiede

Bei der radiologischen Betrachtung zeigte sich nach 12 Monaten in beiden Gruppen eine Verringerung der Patellahöhe. Der Tilt normalisierte sich in beiden Gruppen ohne signifikante Unterschiede und der Shift nahm auch jeweils ab, jedoch nur in der Aperture-Gruppe unterhalb der physiologischen Obergrenze.

Im Kellgren und Lawrence-Score waren die Ergebnisse der Aperture-Gruppe sowohl präoperativ als auch noch 12 Monate postoperativ deutlich besser. Im ICRS-Score erzielte auch die Aperture-Gruppe bessere Mittelwert-Ergebnisse, jedoch ohne statistisch signifikante Unterschiede.

4 Diskussion

4.1 Methodenkritische Aspekte

Der Diskussion der Ergebnisse werden einige der zu diskutierenden Aspekte hinsichtlich der Methodik der vorliegenden Studie vorangestellt:

Patientengut und Art und Weise der Datenerhebung:

Ein kritisch zu betrachtender Aspekt der vorliegenden Studie ist das relativ kleine Patientenkollektiv mit insgesamt 49 Patienten und der relativ kurze Nachuntersuchungszeitraum von einem Jahr. Die Anzahl der älteren Patienten ist sehr gering, (was für das vorliegende Krankheitsbild jedoch typisch ist), es gibt überdurchschnittlich viele jüngere sportliche Patienten, mit hoher Motivation ihre sportlichen Aktivitäten nach der Operation schnell wieder aufzunehmen.

Bezüglich der erhobenen Daten sollte hervorgehoben werden, dass alle Patienten von demselben Untersucher befragt und nachuntersucht wurden. Der subjektive Einfluss des Untersuchers insbesondere zur Beantwortung des allgemeinen Fragebogens sollte jedoch nicht unbeachtet bleiben.

Der Vergleich der zwei Patientengruppen mit unterschiedlichen Operationstechniken der MPFL-Rekonstruktion erhöht zwar die Aussagekraft der Untersuchungsergebnisse, zu erwähnen ist allerdings die mögliche Varianz in der Erhebung der Daten der zwei verschiedenen Untersucher zwischen den beiden Patientengruppen der älteren und der neueren Operationstechnik.

Da es in dem vorliegenden Studiendesign nur eine Vergleichs-Patientengruppe mit einer MPFL-Rekonstruktionstechnik desselben Operateurs gab, kann man nur diese und nicht mehrere verschiedene Operationsmethoden direkt einander gegenüberstellen. Die Untersuchungsergebnisse werden deshalb im Folgenden zum Teil mit publizierten Ergebnissen anderer Autoren verglichen. Die unterschiedlichen methodischen Ansätze, sowie die verschiedenartigen Studienkonzeptionen schränken die Vergleichsmöglichkeiten jedoch ein und lassen eine Bewertung der hier untersuchten Operationsmethode insgesamt nur teilweise zu.

Eine Kontrollgruppe aus Patienten mit konservativer Behandlung bzw. mehreren anderen älteren Operationstechniken hätte die Aussagekraft der Entwicklung der Belastbarkeit, Schmerzen und Sportfähigkeit und vor allem hinsichtlich der Arthroseentwicklung und der Entwicklung eines Knorpelschadens des Kniegelenks erhöht.

Es liegt außerdem ein relativ inhomogenes Patientengut vor, was zwar durch die vorliegenden Ausschlusskriterien in einem akzeptablen Rahmen bleibt, in Bezug auf die verschiedenen Voroperationen und die verschiedenen gleichzeitigen Eingriffe am Kniegelenk aber zu erwähnen ist und durch die Einteilung in die vier verschiedenen Subgruppen und deren Vergleich untereinander mit in die Betrachtung der Untersuchungsergebnisse einbezogen wurde.

Durch diese Einteilung lässt sich nicht vermeiden, dass relativ sehr kleine Patientengruppen entstehen. Hervorzuheben ist hier allerdings, dass es sich um die erste Studie zur MPFL-Rekonstruktion in db-Aperture-Technik handelt und daher in weiteren Studien die vorliegenden Ergebnisse gegebenenfalls mit einer größeren Probandenzahl und einem zusätzlichen Testzeitpunkt nach 24 Monaten (oder länger) weiter untersucht und spezifiziert werden sollten.

4.2 Diskussion der Ergebnisse

In der Behandlung der patellofemorale Instabilität bzw. der rezidivierenden Patellaluxation führt ein konservatives Vorgehen oft zu rezidivierenden Re- bzw. Subluxationen, patellofemorale Schmerzen oder persistierendem Instabilitätsgefühl (82)

Viele traditionelle nicht-anatomische operative Eingriffe wie das lateral release, die mediale Raffung, der Versatz der Tuberositas tibiae, Versatz des Musculus vastus medialis obliquus oder eine Kombination mehrerer dieser Techniken behandeln nicht die am ehesten ursächlichen Faktoren, die zur Instabilität im patellofemorale Gelenk führen oder beitragen, wie ein insuffizientes oder rupturiertes MPFL bzw. eine zu flache femorale Trochlea. Studien zu diesen Eingriffen zeigen uneinheitliche Ergebnisse und postoperativ bestehende

rezidivierende Instabilität und Dislokationen der Patella, sowie patellofemorale Schmerzen und Arthritis (24, 90, 91, 94, 97, 117, 120)

Kapselrisse, Verletzungen des medialen Retinaculums bzw. des Musculus vastus medialis obliquus (47, 183) können mit patellofemoraler Instabilität assoziiert sein, letztendlich ist jedoch das MPFL der wichtigste Stabilisator der Patella gegen deren Lateralisierung (10, 34, 80, 91) und zeigt mit hoher Inzidenz eine Insuffizienz in Knien mit chronischer oder akuter Patellaluxation. (104)

In zahlreichen anatomischen und klinischen Studien in den letzten Jahren (4, 7, 8, 23, 35, 42, 41, 49, 42, 59, 61, 80, 116, 118, 122, 126, 127, 130, 137, 138, 139, 152, 156, 169, 172, 174, 175, 182) wird entweder die direkte Wiederherstellung oder eine Rekonstruktion des MPFLs beschrieben und befürwortet.

Viele der Autoren beschreiben dieses Vorgehen mit guten klinischen Ergebnissen und einer niedrigen Rate an Relaxationen.

In der Betrachtung der Entwicklung der MPFL-Rekonstruktion muss man beachten, dass ältere biomechanische Studien gezeigt haben, dass das MPFL anatomisch (8, 169, 172) und mit einer möglichst physiologischen Spannung rekonstruiert werden muss, um eine unphysiologische Belastung des Gelenkes und rezidivierende Instabilität (47, 51, 169, 172, H,) durch vermehrte Rotationsbewegungen, erhöhten medialen Druck oder gesteigerten patellären Tilt zu vermeiden. (22, 34, 46, 47, 80, 126, 150, 155, 156, 157) Auch sollte die Operation unbedingt mit einer Doppelbündeltechnik durchgeführt werden, da die beiden Bündel die Patella in verschiedenen Flexionsgraden unterschiedlich stark stabilisieren. (8, H) Es liegen diverse Beschreibungen und Studien zu Techniken der MPFL-Rekonstruktion isoliert oder mit Kombinationseingriffen vor (9, 29, 39, 42, 49, 52, 73, 128, 133, 172, 173), die diese Punkte jedoch gänzlich oder zumindest teilweise außer Acht lassen, indem entweder femoral oder patellär keine anatomische Rekonstruktion erreicht wird und nur eines der beiden Bündel rekonstruiert wird. Auch die Technik einer reinen Weichteilverankerung ist sehr kritisch zu betrachten, da die Stabilität hier im Vergleich zur direkten Sehnen-Knochen-Fixation nicht ausreichend gewährleistet werden kann. (29)

In dieser Arbeit werden Ergebnisse eines 1-Jahres-Follow-up von Patienten vorgestellt, die eine Rekonstruktion des medialen patellofemorales Ligamentes in Aperture-Technik erhielten. Es werden Ergebnisse von 49 Patienten, davon 27 Frauen und 22 Männer (Durchschnittsalter 22,0 Jahre) nach mehreren Untersuchungszeitpunkten bis zu 12 Monaten präsentiert. Die Ergebnisse wurden mit den bereits existierenden Daten einer weiteren Patientengruppe, die ebenfalls eine MPFL-Rekonstruktion, jedoch in abgewandelter Technik (patelläre Fixation mittels Fadenanker) erhalten hatte, verglichen. Die Untersuchungsparameter waren Stabilität, Funktion, subjektive Beurteilung und die Beurteilung von Schmerzen, welche durch einen Fragebogen, drei verschiedene Scores und eine klinische Untersuchung erhoben wurden. Weiterhin wurden radiologische Bildgebungen zur Beurteilung einer Arthrose bzw. deren Progredienz sowie des Knorpelstatus über den Verlauf des angesetzten postoperativen Untersuchungszeitraumes angefertigt.

Die in der vorliegenden Studie gezeigten Ergebnisse sollen nun bezüglich der formulierten Hypothesen untersucht und mit anderen Studien verglichen und diskutiert werden.

Die Fragestellungen und die Arbeitshypothesen, welche hier untersucht werden sollen, lauten:

Welche funktionellen Ergebnisse werden in Bezug auf die Stabilität des patellofemorales Gelenkes bei Patienten, die mit einer MPFL-Rekonstruktion in Aperture-Technik operativ versorgt wurden, nach einem Follow-up von einem Jahr erreicht? Erreichen die Patienten ein Jahr postoperativ eine vermehrte Belastbarkeit und Sportfähigkeit des betroffenen Kniegelenkes als vor der Operation?

Wie fällt ein Vergleich der Ergebnisse der verschiedenen Patienten-Subgruppen (Patienten mit einer entweder isolierten MPFL-Rekonstruktion oder aber kombiniert mit Eingriffen wie z.B. OATS, Rotationsumstellung, Trochleaplastik ohne oder mit Voroperationen am betroffenen Kniegelenk, wie z.B. lateral release, Medialisierung der tuberositas tibiae oder VMO-Versatz aus?

Kann es beim Patienten durch die stärker invasive patelläre Verankerung des MPFL-Rekonstrukts initial postoperativ durch den eventuell entstehenden Überdruck in der Patella zu vermehrten Schmerzen im Vergleich mit der Ankertechnik kommen?

Kommt es durch die Operation zu einer radiologisch darstellbaren Verminderung des Patella-Tilts, -Shifts und der Patella-Höhe?

Wie fällt der Vergleich der subjektiven und objektiven Operationsergebnisse zwischen der Aperture-Fixation und einem früheren Verfahren aus, bei dem das Transplantat an Fadenankern verknotet und fest in eine über der patellären Insertionsstelle hergestellten knöchernen Rinne für eine flächige ossäre Einheilung eingebettet wird? Kommt es zu einer schnelleren Wiederherstellung des vollen Bewegungsumfanges und der Belastbarkeit des Knies als mit der älteren indirekten Fixierungs-Technik, und was sollten daraus für Schlüsse über die weitere Anwendung der Operationstechnik gezogen werden?

Hypothesen

Die Rekonstruktion des MPFL in Aperture-Technik zeigt nach einem Follow-up von einem Jahr, (je nach Ausprägung einer Trochleadysplasie) eine starke Verbesserung der Stabilität, Beweglichkeit im Kniegelenk und der Sportfähigkeit des Patienten.

Patienten mit einer Trochleadysplasie Typ C oder D zeigen schlechtere klinische und MR-tomographische Ergebnisse als diejenigen mit einer Trochleadysplasie Typ A oder B.

Bei Patienten mit einer isolierten MPFL-Rekonstruktion ohne Voroperationen am betroffenen Kniegelenk werden im Vergleich die besten Ergebnisse erzielt, die Patienten mit Kombinationseingriffen und Voroperationen am Knie erreichen die relativ schlechtesten Ergebnisse.

Durch die stärker invasive patelläre Verankerung des MPFL Rekonstrukts kann es initial postoperativ durch den evtl. entstehenden Überdruck in der Patella zu vermehrten Schmerzen im Vergleich zur Ankertechnik kommen.

Es kommt zu einer schnelleren Wiederherstellung des vollen Bewegungsumfanges und der Belastbarkeit des Knies als mit der älteren Technik.

Es kommt zu einer radiologisch darstellbaren Verminderung des Patella-Tilts, -Shifts und der Patella-Höhe

4.2.1 Ergebnisse der Patienten mit MPFL-Rekonstruktion in „Aperture-Technik“

Die Ergebnisse der Patienten, die mit einer MPFL-Rekonstruktion in db-Aperture-Technik operiert wurden, verbesserten sich im Vergleich zum präoperativen Ausgangswert sowohl hinsichtlich der Scores als auch der klinischen Untersuchungsergebnisse ein Jahr nach der Operation signifikant.

Subjektive Beschwerden wie Schmerzen und Bewegungseinschränkungen waren nach einem Jahr bei sehr wenigen Patienten und auch nur in geringem Ausmaß mit Tendenz zur Besserung festzustellen.

Die Sportfähigkeit besserte sich insgesamt und nach einem Jahr gaben die meisten Patienten an, durch die wiedererlangte Stabilität im betroffenen patellofemorale Gelenk wieder mehr Sportarten und intensiveres Training als früher ausüben zu können, mehrere sogar bis in den Bereich des Leistungssports, wie zum Beispiel die guten Ergebnisse des Tegner-Scores zeigen. Hier gaben 25 der 49 Patienten ein Jahr postoperativ an, bereits wieder an Freizeitsportarten mit Sprungdisziplinen und Wettkampfsportarten teilnehmen zu können.

Die Hypothese, dass sich postoperativ radiologisch der Patella-Tilt und der Patella-Shift im Mittelwert wieder normwertig einstellen, konnten wir bestätigen. Dies ist auf die wiederhergestellte physiologischen mediale Stabilisierung an der Kniescheibe durch das MPFL-Transplantat zurückzuführen.

Auch die Patellahöhe nahm im Mittel ab, was dafür spricht, dass mit der untersuchten Operationstechnik eine Normalisierung der Patellahöhe erreicht werden kann.

Ähnliche Ergebnisse wurden schon in einer älteren Studie zum radiologischen Outcome nach MPFL-Rekonstruktion erzielt, in der 15 Knie bei 12 Patienten (Durchschnittsalter 30 Jahre) nach MPFL-Rekonstruktion mit einem Semitendinosus-Transplantat im 4-Jahres-Follow up untersucht wurden. Hier wiesen 4 Patienten präoperativ eine Patella alta auf, die sich bei 2 der Patienten im Befund des letzten Untersuchungszeitpunktes im physiologischen Normbereich zeigte. (124)

Die Ergebnisse des Kellgren und Lawrence-Scores sowie der ICRS-Klassifikation zeigten zwar sowohl patellär, als auch femoral und tibial im Mittelwert eine sehr geringfügige Verschlechterung nach einem Jahr postoperativ, eine Signifikanz konnte jedoch nicht festgestellt werden. Der patelläre Anpressdruck und die veränderte Kinematik scheine also keine erheblichen Auswirkungen auf den Knorpelstatus bzw. die Arthrosebildung zu haben. Diesbezüglich sind Studien zur Untersuchung der langfristigen Ergebnisse sowie biomechanische Studien zur Untersuchung der Kinematik im patellofemorale Gelenk nach verschiedenen stabilisierenden Operationen (unter anderem die in dieser Arbeit untersuchte) wünschenswert und notwendig.

Insgesamt lassen sich in dieser Studie für die Aperture-Gruppe also sehr zufrieden stellende postoperative Ergebnisse zeigen und es bestätigt sich, dass durch die Operation eine Verbesserung der patellofemorale Stabilität, Kniegelenks-Beweglichkeit, Schmerzreduktion und Sportfähigkeit bereits nach wenigen Monaten erreicht wird.

Der Einfluss der verschiedenen Ausprägungen einer Trochleadysplasie wurde in den Ergebnissen dieser Studie außer Acht gelassen und nicht in die Ergebnisauswertung einbezogen, da er einerseits schon in älteren Studien untersucht wurde und andererseits einige der Patienten mit einer Trochleoplastik versorgt wurden, sodass hier keine Aussage mehr über den postoperativen Einfluss der dysplastischen Trochlea gemacht werden konnte.

4.2.2 Vergleich der Ergebnisse der 4 Subgruppen

Im Vergleich der 4 Subgruppen bestätigt sich, dass die Gruppe der Patienten mit einer isolierten MPFL-Rekonstruktion ohne Voroperationen am betroffenen Kniegelenk in den Scores signifikant die besten Ergebnisse zeigt. Die Ergebnisse der weiteren drei Subgruppen unterscheiden sich hier nicht signifikant untereinander. Beachtenswert ist noch die Tatsache, dass in der Gruppe 1 und 3 teilweise präoperativ signifikant bessere Ausgangswerte vorlagen im Vergleich zu den Ergebnissen der Gruppe 3 und 4.

Die schlechtesten Ergebnisse zeigt zum Beispiel im Tegner-Score nicht wie erwartet die Gruppe 4 mit Kombinationseingriffen und Voroperationen sondern die Gruppe 2 mit isolierter MPFL-Rekonstruktion und mit Voroperationen am betroffenen Gelenk. Hier muss man jedoch die unterschiedliche Anzahl der Patienten in den beiden Gruppen mit 5 in Gruppe 2 und 24 in Gruppe 4 beachten, was die Auswertung und die Aussagekraft der Ergebnisse nicht unwesentlich beeinflussen dürfte.

Sowohl im Vergleich der Ergebnisse der Bewegungsausmaße als auch im Vergleich der weiteren klinischen Tests zur Beurteilung von Schmerzen und Instabilität im patellofemorale Gelenk zeigten die verschiedenen Subgruppen keine großen Auffälligkeiten.

Radiologisch konnten zwischen den Auswertungen der verschiedenen Gruppen keine nennenswerten Unterschiede in den Ergebnissen des Patella-tilts, - shifts sowie der Patellahöhe festgestellt werden. Auch der Knorpelstatus und der Arthrosegrad zeigten keine signifikanten Differenzen.

Hier nimmt also die Tatsache, dass Voroperationen am Kniegelenk stattgefunden hatten oder weitere Eingriffe zur MPFL-Rekonstruktion erfolgten keinen entscheidenden Einfluss.

Insgesamt lässt sich feststellen, dass die Unterschiede sich besonders in den Score-Ergebnissen zeigen und deshalb davon ausgegangen werden kann, dass subjektiv die Patienten mit einer isolierten MPFL-Rekonstruktion ohne Voroperationen bessere Ergebnisse erreichen und im Zeitverlauf von einem Jahr früher wieder belastbar und sportfähig sind.

4.2.3 Vergleich der Aperture- mit der Fadenankertechnik

Die Patienten der Gruppe, die mit einer MPFL-Rekonstruktion in Aperture-Technik operiert wurden zeigten im Vergleich zur Gruppe, deren Patienten durch die Fadenankertechnik versorgt wurden bei ähnlichen präoperativen Ausgangswerten, welche in der Aperture-Gruppe sogar teilweise geringfügig schlechter waren, weitgehend bessere Mittelwerte in allen drei Scores im zeitlichen Verlauf von einem Jahr.

Auffällig ist, dass nur im Kujala-Score die postoperativen Ergebnisse durchgehend signifikant besser waren, im Gegensatz beispielsweise zum IKDC-Score, dessen postoperative Ergebnisse in der Aperture-Gruppe zwar auch durchgehend besser waren als die der Fadenanker-Gruppe, jedoch nicht signifikant. Wir versuchen dies dadurch zu erklären, dass der Kujala-Score am differenziertesten in Bezug auf Schmerzen und insbesondere deren Intensität bei verschiedenen Tätigkeiten wie Sport aber auch alltäglichen Belastungssituationen ist.

Bei der Betrachtung der Ergebnisse der klinischen Untersuchung des Kniegelenks im Zeitverlauf zeigte die Aperture-Technik eine deutlich bessere Entwicklung hinsichtlich der Bewegungsausmaße sowie der Schmerztests. Zum Nachuntersuchungszeitpunkt von einem Jahr waren die Patienten der Aperture-Gruppe weitgehend schmerzfrei, im Vergleich dazu gab ein größerer Teil der Patienten aus der Fadenanker-Gruppe noch einen positiven Patella-Kompressionsschmerz sowie eine schmerzhafte Patellaverschieblichkeit an.

Die patellofemorale Stabilität war bei beiden Gruppen nach einem Jahr weitgehend sehr zufrieden stellend, was die durchgehend guten Ergebnisse ohne nennenswerte Unterschiede im subjektiven Empfinden, im Apprehension-sign sowie im J-sign zeigen.

In Hinsicht auf unsere Hypothese, dass die höhere Invasivität des Verfahrens der Aperture-Technik vermehrten Einfluss auf das postoperative Schmerzempfinden der Patienten haben soll, können wir mit dieser Studie zeigen, dass keiner der durchgeführten klinischen Tests in Bezug auf Schmerzen im Bereich des Kniegelenkes bzw. der Patella im Vergleich zur älteren Fixierungstechnik mit Fadenanker-Fixation einen Hinweis darauf gab, dass durch die Aperture-Technik postoperativ vermehrte Schmerzen durch den invasiveren Eingriff und somit den stärkeren Überdruck am Knochen entstanden sind.

Radiologisch zeigte sich in beiden Patientengruppen eine vergleichbare Abnahme der Patellahöhe, der Patella-Tilt normalisierte sich im Mittelwert jeweils in den physiologischen Normbereich. Auch der Patella-shift nahm in beiden Patientengruppen im Mittelwert ab, jedoch nur in der Aperture-Gruppe in den physiologischen Bereich, sodass man feststellen kann, dass beide Operationstechniken einen ähnlich positiven Einfluss auf diese von uns untersuchten radiologischen Parameter haben.

Die Ergebnisse des Kellgren und Lawrence-Scores der Aperture-Gruppe, welche auch schon präoperativ im signifikant besseren Bereich lagen als bei der Fadenanker-Gruppe und daher die Entwicklung des Knorpelstatus der beiden Gruppen im Zeitverlauf nicht direkt vergleichbar machen, zeigten auch ein Jahr postoperativ noch deutlich bessere Werte, wenn auch nur im tibialen Bereich signifikant. Der Grad der Arthrose war nach einem Jahr bei der Aperture-Gruppe nur geringfügig weniger ausgeprägt.

So können wir zeigen, dass die Aperture-Technik eine schnellere Wiederherstellung der Belastbarkeit und des vollen bzw. annähernd vollen Bewegungsumfanges mit insgesamt besseren klinischen Ergebnissen im Verlauf von eines Jahres postoperativ erreicht.

Aufgrund der nicht gravierend unterschiedlichen Operationsmethoden muss man jedoch in Betracht ziehen, dass die deutlich besseren Ergebnisse der Aperture-Gruppe auch dem Einfluss anderer Determinanten unterlagen, wie zum Beispiel Unterschieden im Patientenkollektiv, wie Alter, sportliche Motivation, präoperative Ausgangswerte oder auch dem subjektiven Einfluss bei der Erhebung der Daten durch jeweils unterschiedliche Untersucher.

4.3 Abschließender Vergleich unserer Ergebnisse mit den Daten anderer Autoren, die Studien zur MPFL-Rekonstruktion mit autologem Hamstring-Transplantat und vergleichbaren Nachuntersuchungszeiträumen durchgeführt haben

Viele Techniken der MPFL-Rekonstruktion wurden in der Literatur beschrieben, von denen uns im Prinzip 10 verschiedene bekannt sind, (unsere eigene eingeschlossen), welche ein autologes Hamstring-Sehnentransplantat verwenden (139)

Drez et al. (49) haben eine Technik beschrieben für die Rekonstruktion sowohl des MPFL als auch des MPTL (mediales patellotibiales Ligament) mit 19 Patienten und einem 2-Jahres-Follow-up. Sie verwendeten ein gefaltetes Semitendinosus- bzw. Gracilis-Transplantat, welches im Zentrum an der medialen Patella mit einem knöchernen Anker fixiert wurde und die beiden Bündel, welche die beiden Bänder rekonstruieren sollen, wurden am AT fixiert als MPFL-Ersatz und 1,5 cm distal im Anschluss davon in der Tibia als Ersatz für das MPTL. Bei 93% der Patienten zeigte sich subjektiv eine deutliche Verbesserung des Befindens.

Ellera Gomes et al. (52) zeigten eine Technik der MPFL-Rekonstruktion bei 15 Patienten (16 Knie) mit einem Follow-up von über 5 Jahren, bei der sie das proximale Ende eines freien Semitendinosus-Transplantates durch einen periostalen Tunnel unter dem Musculus adductor magnus zu seiner distalen femoralen Insertion einbrachten und die Sehne gefaltet mit Nähten zu fixieren. Das andere Ende wurde in einen 3,3 mm -Tunnel in der Patella eingebettet und mit Nähten am lateralen Retinaculum fixiert. Es zeigten sich hier insgesamt gute Resultate. 13 Patienten (14 Knie) waren zufrieden mit den Ergebnissen, einer beschrieb das End-Resultat als akzeptabel aber unter seinen Erwartungen.

Schock et al. (152) haben eine Technik beschrieben, bei der sie ein geschlungenes Semitendinosus-Transplantat verwendeten, welches mit einer Scheibe direkt proximal des MCL durch eine endobutton-Technik in der Patella fixiert wurde. Bezüglich des klinischen Outcomes und der Redislokationsrate gaben die Autoren keine Auskunft, sahen aber die Indikation für Patienten mit rezidivierender Patella-Instabilität und schlechter Qualität des medialen Weichteilgewebes bzw. insuffizientem oder rupturierten MPFL, dysplastischer Trochlea und nicht mit erfolgreichem Ergebnis stattgehabten Voroperationen.

Mikashima et al. (116) beschrieben eine Technik der MPFL-Rekonstruktion bei 24 Patienten mit rezidivierenden Patellaluxationen, bei der ein Semitendinosus-Transplantat durch einen Button am Femur und mit zwei verschiedenen Techniken an der Patella fixiert wurde und zwar entweder durch einen knöchernen Tunnel und dann mit sich selbst vernäht oder direkt vernäht am Periost und dem die Patella bedeckenden fibrösen Gewebe.

Die meisten der hier kurz beschriebenen Techniken zeigten akzeptable bis gute klinische und subjektive Resultate sowie eine relativ niedrige Rate an Reluxationen von 85% bis 93% der eingeschlossenen Patientenknien. Trotz allen zunächst erfolgreich erscheinenden Ergebnissen dieser Techniken muss man bedenken, dass keine davon eine anatomische und isometrische Rekonstruktion des MPFLs erreicht.

Deie et al. (42) zeigten dagegen eine dynamischere Technik der MPFL-Rekonstruktion zur Behandlung der habituellen bzw. rezidivierenden Patellaluxation bei Kindern in einer Studie mit 4 Patienten (6 Knie). Sie verwendeten ein Semitendinosus-Transplantat, das sie an der medialen Patella und am posterioren Drittel der femoralen Insertionsstelle des medialen Kollateralbandes einbrachten.

Kurze Zeit später präsentierten dieselben Autoren Ergebnisse einer Minimum-5 Jahres-Follow-up Studie von 43 Patienten, die mit dieser Technik, zum großen Teil in Kombination mit einem lateral release und VMO-Versatz operiert worden waren. Es zeigten sich zwar keine erneuten Luxationsereignisse, radiologisch blieben jedoch der laterale Shift und die Patellahöhe nach Insall-Salvati außerhalb der physiologischen Norm.

2010 zeigten Deie et al. dann eine Technik, bei der sie unter Verwendung eines zylindrischen knöchernen Dübels ein Semitendinosus-Transplantat femoral anatomisch einbrachten um das MPFL physiologisch zu rekonstruieren. Es zeigten sich sehr gute Resultate bei 30 von 31 Knien und einem Nachuntersuchungszeitraum von 2-5 Jahren. (40)

Schöttle et al. (156) verwendeten 2005 noch eine Technik zur Behandlung der patellofemoralen Instabilität in einer Studie mit 12 Patienten und einer durchschnittlichen Nachuntersuchungszeit von 47 Monaten, bei der ein Semitendinosus-Transplantat mit zwei Fadenankern an der superomedialen Kante der Patella und mit einer bioresorbierbaren Interferenz-Schraube am femoralen Tuberculum adductorium eingebracht wurde. Bei 8 der Patientenknien mit einem TTTG über 15mm wurde zusätzlich eine Medialisierung der tuberositas tibiae durchgeführt. Subjektiv gab hier ein Patient ein rezidivierendes Instabilitätsgefühl an. Bei 3 Patienten war das Apprehension-sign noch positiv.

Ostermeier et al. beschrieben eine Technik bei der unter der proximalen Insertionsstelle des medialen Kollateralbandes das zuvor am Pes anerinus abgesetzte distale Ende des Semitendinosus-Muskels in einem Tunnel unterhalb des Kollateralbandes durchgebracht wird bis zum medioproximalen Patellarand und hier mittels einer schrägen transpatellären Bohrung fixiert wird. Es konnten 10 Patienten über durchschnittlich 13 Monate nachuntersucht werden, die diese dynamische Stabilisierung erhielten mit guten klinischen Ergebnissen, der Kujala Score stieg von im Durchschnitt präoperativ 56 auf postoperativ 95 Punkte. (135)

Siebold et al. beschrieben im Jahr 2010 eine Operationstechnik bei der sie ein Hamstring-Sehnen-Transplantat an der anatomischen patellären Insertion des MPFLs mit einer transossären Naht in einer oberflächlichen knöchernen Rinne fixierten. Diese stabile Technik verringere das Risiko einer intra- oder postoperativen Fraktur der Patella und erlaube eine frühe Rehabilitation. (166)

5 Zusammenfassung und Schlussfolgerung über die weitere Anwendung des Operations-verfahrens

In der vorliegenden prospektiven Arbeit werden die Ergebnisse von 49 Patienten im 1-Jahres-Verlauf dargestellt, die sich wegen einer patellofemorale Instabilität einer MPFL-Rekonstruktion in Aperture-Technik unterzogen haben.

Es wurde überprüft, welche funktionellen Ergebnisse in Bezug auf die Stabilität des patellofemorale Gelenkes bei Patienten, die mit einer MPFL-Rekonstruktion in Aperture-Technik operativ versorgt wurden, nach einem Follow-up von einem Jahr erreicht werden können und ob die Patienten außerdem ein Jahr postoperativ eine vermehrte Belastbarkeit und Sportfähigkeit des betroffenen Kniegelenks erreichten als vor der Operation. Zudem wurden klinische, funktionelle und radiologische Ergebnisse der Patienten nachuntersucht, welche jeweils in 4 Subgruppen untereinander verglichen wurden sowie mit den Ergebnissen einer Patientengruppe die mit einer älteren indirekten Fixierungstechnik durch Fadenanker behandelt worden war.

In der Zusammenschau der in dieser Arbeit gezeigten Ergebnisse lässt sich feststellen, dass sich im Verlauf von einem Jahr postoperativ weder vermehrt Schmerzen zeigen, noch eine fortbestehende Instabilität vorhanden ist. Subjektiv war der Großteil der Patienten bereits kurze Zeit nach der Operation mit dem Verlauf sehr zufrieden.

Im Vergleich der 4 Subgruppen zeigte sich, dass die Gruppe der Patienten mit einer isolierten MPFL-Rekonstruktion ohne Voroperationen am betroffenen Kniegelenk in den Scores signifikant die besten Ergebnisse zeigt. In den weiteren Untersuchungsergebnissen ließen sich hier keine signifikanten Unterschiede feststellen.

Im Vergleich der beiden Operationstechniken schnitt die Aperture-Technik in den meisten Untersuchungsbereichen besser ab, in einigen sogar mit signifikant bessern Ergebnissen, wie zum Beispiel dem Bewegungsumfang des Kniegelenkes ein Jahr postoperativ

Das hier untersuchte Operationsverfahren bietet also sowohl eine anatomische und stabile Rekonstruktionsmöglichkeit durch das minimal invasiv eingebrachte direkt in der Patella fixierte Transplantat als auch ein hohes Heilungspotential durch die direkte Knochen-Sehnenverbindung.

Aufgrund der sehr zufrieden stellenden Ergebnisse besonders auch im Vergleich mit bisherigen Operationsverfahren ist aus unserer Sicht die Aussage gerechtfertigt, dass eine weitere Anwendung des Operationsverfahrens in Zukunft die besten Ergebnisse für Patienten mit patellofemorale Instabilität erbringt.

6 ...LITERATURVERZEICHNIS

1. Abadie P, Galauda B, Michauta M, Fallet L, Boisrenoulta P, Beaufilsa P. Distal femur rotational alignment and patellar subluxation: A CT scan in vivo assessment. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research* (2009) 95, 267—271
2. Aglietti P, Buzzi R, De Biase P, Giron F. Surgical treatment of recurrent dislocation of the patella. *Clin Orthop Relat Res*, (308): 8-17, 1994.
3. Aglietti P, Insall JN, Cerulli G. Patellar pain and incongruence. I. Measurements of incongruence *Clin Orthop Relat Res*, 1983. 176: p. 217-224.
4. Ahmad CS, Stein BE, Matuz D and Henry JH. Immediate surgical repair of the medial patellar stabilizers for acute patellar dislocation. A review of eight cases. *Am J Sports Med*. 2000;28:804-810
5. Ahmed AM and Duncan NA. Correlation of patellar tracking pattern with trochlear and retropatellar surface topographies. *J Biomech Eng*. 2000;122:652-660.
6. Albee FH. The bone graft wedge in the treatment of habitual dislocation of patella. *Med. Rec.* 1915;88:257-259.
7. Amis AA. Current concepts on anatomy and biomechanics of patellar stability. *Sports Med Arthrosc*, 15(2): 48-56, 2007.
8. Amis AA, Firer P, Mountney J, Senavongse W and Thomas NP. Anatomy and biomechanics of the medial patellofemoral ligament. *Knee*. 2003;10:215-220.
9. Amis AA and Farahmand F. Biomechanics masterclass: extensor mechanism of the knee. *Curr Orthop*. 1996;10:102-109.
10. Arendt EA, Fithian DC and Cohen E. Current concepts of lateral patella dislocation. *Clin Sports Med*. 2002;21:499-519.
11. Arnbjornsson A, Egund N, Rydning O, Stockerup R and Ryd L. The natural history of recurrent dislocation of the patella. Long-term results of conservative and operative treatment. *J Bone Joint Surg Br*. 1992;74:140-142.
12. Atkin DM, Fithian DC, Marangi KS, Stone ML, Dobson BE and Mendelsohn C. Characteristics of patients with primary acute lateral patellar dislocation and their recovery within the first 6 months of injury. *Am J Sports Med*. 2000;28:472-479.
13. Bassett F. Acute dislocation of the patella, osteochondral fractures, and injuries to the extensor mechanism of the knee. American Academy of Orthopedic Surgeons Instructional Course Lecture. 1976:40-49
14. Beaconsfield T, Pintore E, Maffulli N and Petri GJ. Radiological measurements in patellofemoral disorders. A review. *Clin Orthop*. 1994;308:18-28.

15. Bereiter H and Gautier E. [The trochleaplasty as a surgical therapy of recurrent dislocation of the patella in dysplastic trochlea of the femur]. *Arthroskopie*. 1994;7:281-286.
16. Bernageau J, Goutallier D, Debeyre J and Ferrane J. [New exploration technic of the patellofemoral joint. Relaxed axial quadriceps and contracted quadriceps]. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot*. 1975;61 Suppl 2:286-290.
17. Biedert R.M. Osteotomien. *Orthopäde* 2008, 37:872–883
18. Brattstrom H. Shape of the intercondylar groove normally and in recurrent dislocation of the patella. *Acta Orthop Scand*. 1965;Suppl. 68:1-144.
19. Brittberg M, Winalski C.S. Evaluation of cartilage injuries and repair. *J Bone Joint Surg Am*. 2003;85:58-69.
20. Brossmann J, Muhle, Büll, Schröder, Melchert U, Zieplies J, Spielmann R, Heller M, Evaluation of patellar tracking in patients with suspected patellar malalignment: cine MR imaging vs arthroscopy. *AJR Am J Roentgenol*. 1994;162:361-367.
21. Brown DE, Alexander AH and Lichtman DM. The Elmslie-Trillat procedure: evaluation in patellar dislocation and subluxation. *Am J Sports Med*. 1984;12:104-109.
22. Burks RT, Desio SM, Bachus KN, Tyson L and Springer K. Biomechanical evaluation of lateral patellar dislocations. *Am J Knee Surg*. 1998;11:24-31.
23. Burks RT, Luker MG. Medial patellofemoral ligament reconstruction. *Tech Orthop* 1997; 12: 185-191.
24. Carney JR, Mologne TS, Muldoon M, Cox JS. Long-tremevaluation of the Roux-Elmslie-Trillat procedure for patellar instability. A 26-year follow-up. *Am J Sports Med* 2005; 33: 1220-1223
25. Carrillon Y, Abidi H, Dejour D, Fantino O, Moyen B and Tran-Minh VA. Patellar instability: assessment on MR images by measuring the lateral trochlear inclination-initial experience. *Radiology*. 2000;216:582-585.
26. Cash JD and Hughston JC. Treatment of acute patellar dislocation. *Am J Sports Med*. 1988;16:244- 249.
27. Caton J, Mironneau A, Walch G, Levigne C and Michel CR. [Idiopathic high patella in adolescents. Apropos of 61 surgical cases]. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot*. 1990;76:253-260.
28. Caton J. [Method of measuring the height of the patella]. *Acta Orthop Belg*. 1989;55:385-386.
29. Chassaing V and Tremoulet J. [Medial patellofemoral ligament reconstruction with gracilis autograft for patellar instability]. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot*. 2005;91:335-340.

30. Christiansen SE, Jakobsen BW, Lund B, Lind M. Isolated repair of the medial patellofemoral ligament in primary dislocation of the patella: a prospective randomized study. *Arthroscopy*, 24(8): 881-7, 2008.
31. Christoforakis J, Bull AM, Strachan RK, Shymkiw R, Senavongse W and Amis AA. Effects of lateral retinacular release on the lateral stability of the patella. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2006;14:273-277.
32. Cofield RH and Bryan RS. Acute dislocation of the patella: results of conservative treatment. *J Trauma*. 1977;17:526-531.
33. Cohen ZA, Henry JH, McCarthy DM, Mow VC and Ateshian GA. Computer simulations of patellofemoral joint surgery. Patient-specific models for tuberosity transfer. *Am J Sports Med*. 2003;31:87-98.
34. Conlan T, Garth WP, Jr. and Lemons JE. Evaluation of the medial soft-tissue restraints of the extensor mechanism of the knee. *J Bone Joint Surg Am*. 1993;75:682-693.
35. Cossey AJ, Paterson R. A new technique for reconstruction the medial patellofemoral ligament. *Knee* 2005; 12: 93-98
36. Crosby EB and Insall J. Recurrent dislocation of the patella. Relation of treatment to osteoarthritis. *J Bone Joint Surg Am*. 1976;58:9-13.
37. Daniel DM. Assessing the limits of knee motion. *Am J Sports Med*. 1991;19:139-147.
38. Davies AP, Costa ML, Shepstone L, Glasgow MM, Donell S and Donnell ST. The sulcus angle and malalignment of the extensor mechanism of the knee. *J Bone Joint Surg Br*. 2000;82:1162-1166.
39. Davis DK and Fithian DC. Techniques of medial retinacular repair and reconstruction. *Clin Orthop Relat Res*. 2002;38-52.
40. Deie M, Ochi M, Adachi N, Shibuya H, Nakamae A. Medial patellofemoral ligament reconstruction fixed with a cylindrical bone plug and a grafted semitendinosus tendon at the original femoral site for recurrent patellar dislocation. *Am J Sports Med*, 39(1): 140-5, 2011.
41. Deie M, Ochi M, Sumen Y, Adachi N, Kobayashi K and Yasumoto M. A long-term follow-up study after medial patellofemoral ligament reconstruction using the transferred semitendinosus tendon for patellar dislocation. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2005;13:522-528.
42. Deie M, Ochi M, Sumen Y, Yasumoto M, Kobayashi K and Kimura H. Reconstruction of the medial patellofemoral ligament for the treatment of habitual or recurrent dislocation of the patella in children. *J Bone Joint Surg Br*. 2003;85:887-890.

43. Dejour D, Le Coultre B. Osteotomies in patello-femoral instabilities. *Sports Med Arthrosc*, 15(1): 39-46, 2007.
44. Dejour D, Reynaud P and Lecoultre B. Douleurs et instabilité rotulienne. Essai de classification. *Med Hyg*. 1998;56:1466-1471.
45. Dejour H, Walch G, Neyret P and Adeleine P. [Dysplasia of the femoral trochlea]. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot*. 1990;76:45-54.
46. Dejour H, Walch G, Nove-Josserand L and Guier C. Factors of patellar instability: an anatomic radiographic study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 1994;2:19-26.
47. Desio SM, Burks RT and Bachus KN. Soft tissue restraints to lateral patellar translation in the human knee. *Am J Sports Med*. 1998;26:59-65.
48. Diks MJ, Wymenga AB and Anderson PG. Patients with lateral tracking patella have better pain relief following CT-guided tuberosity transfer than patients with unstable patella. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2003;11:384-388.
49. Drez D, Jr., Edwards TB and Williams CS. Results of medial patellofemoral ligament reconstruction in the treatment of patellar dislocation. *Arthroscopy*. 2001;17:298-306.
50. Elias DA, White LM and Fithian DC. Acute lateral patellar dislocation at MR imaging: injury patterns of medial patellar soft-tissue restraints and osteochondral injuries of the inferomedial patella. *Radiology*. 2002;225:736-743.
51. Elias JJ and Cosgarea AJ. Technical Errors During Medial Patellofemoral Ligament Reconstruction Could Overload Medial Patellofemoral Cartilage: A Computational Analysis. *Am J Sports Med*. 2006;
52. Ellera Gomes JL, Stigler Marczyk LR, Cesar de Cesar P and Jungblut CF. Medial patellofemoral ligament reconstruction with semitendinosus autograft for chronic patellar instability: a follow-up study. *Arthroscopy*. 2004;20:147-151. 80
53. Escala JS, Mellado JM, Olona M, Gine J, Sauri A and Neyret P. Objective patellar instability: MR- based quantitative assessment of potentially associated anatomical features. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2006;14:264-272.
54. Ewing JW (ed). *Articular cartilage and knee joint function*. Raven Press, New York, 1990.
55. Farahmand F, Naghi Tahmasbi M and Amis A. The contribution of the medial retinaculum and quadriceps muscles to patellar lateral stability--an in-vitro study. *Knee*. 2004;11:89-94.
56. Farahmand F, Tahmasbi MN and Amis AA. Lateral force-displacement behaviour of the human patella and its variation with knee flexion--a biomechanical study in vitro. *J Biomech*. 1998;31:1147-1152.

57. Farahmand F, Senavongse W and Amis AA. Quantitative study of the quadriceps muscles and trochlear groove geometry related to instability of the patellofemoral joint. *J Orthop Res.* 1998;16:136- 143.
58. Farahmand F, Tahmasbi MN, Amis AA. The contribution of the medial retinaculum quadriceps muscles to patellar lateral stability - an in-vitro study. *Knee*, 2004. 11: p. 89-94.
59. Feller JA, Feagin JA, Jr. and Garrett WE, Jr. The medial patellofemoral ligament revisited: an anatomical study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 1993;1:184-186.
60. Fithian DC, Nomura E and Arendt E. Anatomy of patellar dislocation. *Operative Techniques in Sports Medicine.* 2001;9:102-111.
61. Fithian DC and Meier SW. The case for advancement and repair of the medial patellofemoral ligament in patients with recurrent patellar instability. *Oper Tech Sport Med.* 1999;298-306.
62. Fithian DC, Paxton EW, Post WR and Panni AS. Lateral retinacular release: a survey of the International Patellofemoral Study Group. *Arthroscopy.* 2004;20:463-468.
63. Fithian DC, Mishra DK, Balen PF, Stone ML, Daniel DM. Instrumented measurement of patellar mobility. *Am J Sports Med,* 1995. 23: p. 607-615.
64. Fithian DC, Paxton EW, Stone ML, Silvia P, Davis DK, Elias DA, White LM. Epidemiology and natural history of acute patellar dislocation. *Am J Sports Med,* 2004. 32: p. 1114-1121.
65. Fondren FB, Goldner JL and Bassett FH, 3rd. Recurrent dislocation of the patella treated by the modified Roux-Goldthwait procedure. A prospective study of forty-seven knees. *J Bone Joint Surg Am.* 1985;67:993-1005.
66. Franco V, Cipolla M, Gerullo G, Gianni E, Puddu G. Öffnende Keilosteotomie des distalen Femur beim Valgusknie. *Orthopäde* 2004, 33:185–192
67. Fucentese SF, von Roll A, Koch PP, Epari DR, Fuchs B and Schottle PB. The patella morphology in trochlear dysplasia--a comparative MRI study. *Knee.* 2006;13:145-150.
68. Fulkerson JP, Hungerford S. Disorders of the patellofemoral joint, ed 2. Williams and Wilkins, Baltimore, 1990.
69. Galland O, Walch G, Dejour H and Carret JP. An anatomical and radiological study of the femoropatellar articulation. *Surg Radiol Anat.* 1990;12:119-125.
70. Garth WP, Jr., DiChristina DG and Holt G. Delayed proximal repair and distal realignment after patellar dislocation. *Clin Orthop.* 2000;132-144.

71. Geenen E, Molenaers G and Martens M. Patella alta in patellofemoral instability. *Acta Orthop Belg.* 1989;55:387-393.
72. Glaser C. Knorpelbildung. *Radiologe* 2006, 46:16–25
73. Gomes JL. Medial patellofemoral ligament reconstruction for recurrent dislocation of the patella: a preliminary report. *Arthroscopy.* 1992;8:335-340. 82
74. Goutallier D, Bernageau J and Lecudonnec B. [The measurement of the tibial tuberosity. Patella groove distanced technique and results]. *Rev Chir Orthop.* 1978;64:423-428.
75. Goymann V, Mueller HG. New calculation of the biomechanics of the patellofemoral joint and its clinical significance in the knee joint. *International Congress Series 324, Excerpta Medica, Amsterdam, 1974.*
76. Grelsamer RP, Bazos A, Proctor CS. Radiographic analysis of patellar tilt. *J Bone Joint Surg (Br),* 1993. 75: p. 822-824.
77. Griffin FM, Math K, Scuderi GR, Insall JN and Poilvache PL. Anatomy of the epicondyles of the distal femur: MRI analysis of normal knees. *J Arthroplasty.* 2000;15:354-359.
78. Halbrecht JL. Arthroscopic patella realignment: An all-inside technique. *Arthroscopy.* 2001;17:940-945.
79. Haspl M, cicak N, Klobucar H and Pecina M. Fully arthroscopic stabilization of the patella. *Arthroscopy.* 2002;18:E2.
80. Hautamaa PV, Fithian DC, Kaufman KR, Daniel DM and Pohlmeier AM. Medial soft tissue restraints in lateral patellar instability and repair. *Clin Orthop.* 1998;174-182.
81. Hayes WC, Huberti HH, Lewallen DG. Patellofemoral contact pressure and the effects of surgical reconstructive procedures. In Ewing JW (ed.) *Articular cartilage and knee joint function.* Raven Press, New York, 1990: p. 57-77.
82. Hawkins RJ, Bell RH and Anisette G. Acute patellar dislocations. The natural history. *Am J Sports Med.* 1986;14:117-120.
83. Heegaard J, Leyvraz PF, Curnier A, Rakotomanana L and Huiskes R. The biomechanics of the human patella during passive knee flexion. *J Biomech.* 1995;28:1265-1279.
84. Heegaard J, Leyvraz PF, Van Kampen A, Rakotomanana L, Rubin PJ and Blankevoort L. Influence of soft structures on patellar three-dimensional tracking. *Clin Orthop Relat Res.* 1994;235-243.
85. Hefti F, Muller Q, Jakob RP, Stäubli HU. Evaluation of knee ligament injuries with the IKDC-form. *J Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc,* 1993. 1: p. 226-243.

86. Hehne HF. Biomechanics of the patellofemoral joint and its clinical relevance. *Clin Orthop Relat Res*, 1990. 258: p. 73-85.
87. Hing CB, Shepstone L, Marshall T and Donell ST. A laterally positioned concave trochlear groove prevents patellar dislocation. *Clin Orthop Relat Res*. 2006;447:187-194.
88. Hinton RY and Sharma KM. Acute and recurrent patellar instability in the young athlete. *Orthop Clin North Am*. 2003;34:385-396.
89. Hubbard JK, Sampson HW, Elledge JR. Prevalence and morphology of the vastus medialis oblique muscle in human cadavers. *Anat Rec*.1997 Sep;249(1):135-42.
90. Hughston JC, Deese M. Medial subluxation of the patella as a complication of medial retinacular release. *Am J Sports Med* 1988; 16: 383-388
91. Hughston JC, Flandry F, Brinker MR et al. Surgical correction of medial subluxation of the patella. *Am J Sports Med* 1996; 24: 486-491
92. Insall J, Goldberg V and Salvati E. Recurrent dislocation and the high-riding patella. *Clin Orthop Relat Res*. 1972;88:67-69.
93. International Knee Documentation Committee, Formblätter. www.sportsmed.org/research/docs/IKDC_deutsch.pdf, 2000
94. Juliusson R, Markhede G. A modified Hauser procedure for recurrent dislocation of the patella: a long-term follow-up study with special reference to osteoarthritis. *Arch Orthop Trauma Surg* 1984; 103: 42-46
95. Kaufer H. Mechanical function of the patella. *J Bone Joint Surg (Am)*, 1971. 53: p. 1551-1560.
96. Kirsch MD, Fitzgerald SW, Friedman H and Rogers LF. Transient lateral patellar dislocation: diagnosis with MR imaging. *AJR Am J Roentgenol*. 1993;161:1112-1115.
97. Kolowich P, Paulos L, Rosenberg T, Farnsworth S. Lateral release of the patella: indications and contraindications. *Am J Sports Med* 1990; 18:359-365
98. Koskinen SK, Rantanen JP, Nelimarkka OI and Kujala UM. Effect of Elmslie-Trillat and Roux- Goldthwait procedures on patellofemoral relationships and symptoms in patients with patellar dislocations. *Am J Knee Surg*. 1998;11:167-173.
99. Kramer J, Sceurecker G, Scheurecker A, Stöger A, Huber H, Hofmann S. Bildgebende Untersuchungen des Patellofemoralgelenkes. *Orthopäde* 2008
100. Larsen E and Lauridsen F. Conservative treatment of patellar dislocations. Influence of evident factors on the tendency to redislocation and the therapeutic result. *Clin Orthop Relat Res*. 1982;131- 136.

101. Laurin CA, Levesque HP, Dussault R, Labelle H and Peides JP. The abnormal lateral patellofemoral angle: a diagnostic roentgenographic sign of recurrent patellar subluxation. *J Bone Joint Surg Am.* 1978;60:55-60.

102. Laurin CA, Dussault R and Levesque HP. The tangential x-ray investigation of the patellofemoral joint: x-ray technique, diagnostic criteria and their interpretation. *Clin Orthop Relat Res.* 1979;16-26. 84

103. Lieb FJ, Perry J. Quadriceps Function an anatomical and mechanical study using amputated limbs. *J Bone Joint Surg Am,* 1968 Dec 01;50(8):1535-1548

104. Maenpaa H. The dislocating patella. Predisposing factors and a clinical, radiological and functional follow-up study of patients treated primarily nonoperatively. *Ann Chir Gynaecol.* 1998;87:248-249.

105. Maenpaa H and Lehto MU. Patellar dislocation. The long-term results of nonoperative management in 100 patients. *Am J Sports Med.* 1997;25:213-217.

106. Maenpaa H and Lehto MU. Patellofemoral osteoarthritis after patellar dislocation. *Clin Orthop.* 1997;156-162.

107. Maenpaa H, Huhtala H and Lehto MU. Recurrence after patellar dislocation. Redislocation in 37/75 patients followed for 6-24 years. *Acta Orthop Scand.* 1997;68:424-426.

108. Maenpaa H and Lehto MU. Surgery in acute patellar dislocation--evaluation of the effect of injury mechanism and family occurrence on the outcome of treatment. *Br J Sports Med.* 1995;29:239-241.

109. Maldague B and Malghem J. [Significance of the radiograph of the knee profile in the detection of patellar instability. Preliminary report]. *Rev Chir Orthop.* 1985;71 Suppl 2:5-13.

110. Maldague B, Malghem J. Radiology of the patellar instability: contribution of the lateral radiography and the 30-degree axial view with external rotation. *Acta Orthop Belg,* 1989. 55: p. 311-329.

111. Malghem J and Maldague B. Depth insufficiency of the proximal trochlear groove on lateral radiographs of the knee: Relation to patellar dislocation. *Radiology.* 1989;170:507-510.

112. Malghem J and Maldague B. Subluxation of the patella. Computed tomography analysis of patellofemoral congruence. *J Bone Joint Surg Am.* 1989;71:1575-1576. 85

113. McNally EG, Ostlere SJ, Pal C, Phillips A, Reid H and Dodd C. Assessment of patellar maltracking using combined static and dynamic MRI. *Eur Radiol.* 2000;10:1051-1055.

114. Merchant AC, Mercer RL, Jacobsen RH and Cool CR. Roentgenographic analysis of patellofemoral congruence. *J Bone Joint Surg Am.* 1974;56:1391-1396.

115. Miller GF. Familial recurrent dislocation of the patella. *J Bone Joint Surg Br.* 1978;60-B:203-204.
116. Mikashima Y, Kimura M, Kobayashi Y, Miyawaki M, Tomatsu T. Clinical results of isolated reconstruction of the medial patellofemoral ligament for recurrent dislocation and subluxation of the patella. *Acta Orthop Belg* 2006; 72: 65-71
117. Moller BN, Moller-Larsen F and Frich LH. Chondromalacia induced by patellar subluxation in the rabbit. *Acta Orthop Scand.* 1989;60:188-191.
118. Mounthey J, Senavongse W, Amis AA, Thomas NP. Tensile strength of the medial patellofemoral ligament before and after repair or reconstruction. *J Bone Joint Surg (Br)* 2005; 87: 36-40
119. Muneta T, Sekiya I, Tsuchiya M, Shinomiya K. A technique for reconstruction of the medial patellofemoral ligament. *Clin Orthop Relat Res*, 1999. 359: p. 151-155.
120. Nakagawa K, Wada Y, Minamide M, Tsuchiya A, Moriya H. Deterioration of long term clinical results after the Elmslie-Trillat procedure for dislocation of the patella. *J Bone Joint Surg (Br)* 2002; 84: 861-864
121. Nietosvaara Y, Aalto K and Kallio PE. Acute patellar dislocation in children: incidence and associated osteochondral fractures. *J Pediatr Orthop.* 1994;14:513-515.
122. Nomura E, Inoue M and Osada N. Anatomical analysis of the medial patellofemoral ligament of the knee, especially the femoral attachment. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2005;13:510-515.
123. Nomura E, Fujakawa T and Tokada T. Anatomical study of the medial patellofemoral ligament. *Orthop Surg.* 1992;22:2-5 (suppl).
124. Nomura E. Classification of lesions of the medial patello-femoral ligament in patellar dislocation. *Int Orthop.* 1999;23:260-263.
125. Nomura E, Horiuchi Y and Inoue M. Correlation of MR imaging findings and open exploration of medial patellofemoral ligament injuries in acute patellar dislocations. *Knee.* 2002;9:139-143.
126. Nomura E, Horiuchi Y and Kihara M. Medial patellofemoral ligament restraint in lateral patellar translation and reconstruction. *Knee.* 2000;7:121-127.
127. Nomura E, Horiuchi Y and Kihara M. A mid-term follow-up of medial patellofemoral ligament using an artificial ligament for recurrent patellar dislocation. 2000;7:211-215.
128. Nomura E and Inoue M. Surgical technique and rationale for medial patellofemoral ligament reconstruction for recurrent patellar dislocation. *Arthroscopy.* 2003;19:E47.

129. Nomura E, Inoue M. Cartilage lesions of the patella in recurrent patella dislocation. *Am. J. Sports Med.* 2004; 32; 498
130. Nomura E, Inoue M, Osada N. Augmented repair of avulsion-tear type medial patellofemoral ligament injury in acute patellar dislocation. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2005; 13: 346-351 KNEE
131. Nonweiler DE and DeLee JC. The diagnosis and treatment of medial subluxation of the patella after lateral retinacular release. *Am J Sports Med.* 1994;22:680-686.
132. Nove-Josserand L and Dejour D. [Quadriceps dysplasia and patellar tilt in objective patellar instability]. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot.* 1995;81:497-504.
133. Noyes FR, Grood ES and Torzilli PA. Current concepts review. The definitions of terms for motion and position of the knee and injuries of the ligaments. *J Bone Joint Surg Am.* 1989;71:465-472.
134. Ostermeier S, Holst M, Hurschler C, Windhagen H, Stukenborg-Colsman C. Dynamic measurement of patellofemoral kinematics and contact pressure after lateral retinacular release: an in vitro study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 15(5): 547-54, 2007.
135. Ostermeier S, Stukenborg-Colsman C, Wirth CJ, Bohnsack M. [Reconstruction of the medial patellofemoral ligament by tunnel transfer of the semitendinosus tendon]. *Oper Orthop Traumatol*, 19(5-6): 489-501, 2007.
136. Ostermeier S, Stukenborg-Colsman C, Hurschler C and Wirth CJ. In vitro investigation of the effect of medial patellofemoral ligament reconstruction and medial tibial tuberosity transfer on lateral patellar stability. *Arthroscopy.* 2006;22:308-319.
137. Panagiotopoulos E, Strzelczyk P, Herrmann M and Scuderi G. Cadaveric study on static medial patellar stabilizers: the dynamizing role of the vastus medialis obliquus on medial patellofemoral ligament. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2006;14:7-12.
138. Panagopoulos A, van Niekerk L, Triantafillopoulos IK, Patil P. Reconstruction of medial patellofemoral ligament (MPFL) for post traumatic patellar instability. *Injury Int J Care Injured* 2007; 38: 134-135
139. Panagopoulos A, van Niekerk L, Triantafillopoulos IK. MPFL reconstruction for recurrent patella dislocation: a new surgical technique and review of the literature. In *Int J Sports Med*, pp. 359-65. Edited, 359-65, 2008.
140. Pfirrmann CW, Zanetti M, Romero J and Hodler J. Femoral trochlear dysplasia: MR findings. *Radiology.* 2000;216:858-864.
141. Pietsch M, Hofmann S. Wertigkeit der radiologischen Bildgebung beim Kniegelenk für den Orthopäden. *Radiologie* 2006, 46:55–64.

142. Powers CM, Lilley JC and Lee TQ. The effects of axial and multi-plane loading of the extensor mechanism on the patellofemoral joint. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 1998;13:616-624.
143. Radlo W and Lorkowski J. [Congenital dislocation of the patella in children and adolescents]. *Chir Narzadow Ruchu Ortop Pol*. 1997;62:331-335.
144. Reider B, Marshall JL, Koslin B, Ring B and Girgis FG. The anterior aspect of the knee joint. *J Bone Joint Surg Am*. 1981;63:351-356.
145. Rillmann P, Fischer A, Berbig R and Holzach P. [Arthroscopic repair of the medial retinaculum after first time dislocation of the patella]. *Unfallchirurg*. 1999;102:167-172.
146. Rouvillain JL. [A familial form of bilateral recurrent dislocation of the patella with major trochlea dysplasia]. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot*. 1998;84:285-291.
147. Runow A. The dislocating patella. Etiology and prognosis in relation to generalized joint laxity and anatomy of the patellar articulation. *Acta Orthop Scand Suppl*. 1983;201:1-53.
148. Sallay PI, Poggi J, Speer KP and Garrett WE. Acute dislocation of the patella. A correlative pathoanatomic study. *Am J Sports Med*. 1996;24:52-60.
149. Sanders TG, Morrison WB, Singleton BA, Miller MD and Cornum KG. Medial patellofemoral ligament injury following acute transient dislocation of the patella: MR findings with surgical correlation in 14 patients. *J Comput Assist Tomogr*. 2001;25:957-962.
150. Sandmeier RH, Burks RT, Bachus KN and Billings A. The effect of reconstruction of the medial patellofemoral ligament on patellar tracking. *Am J Sports Med*. 2000;28:345-349.
151. Schäfer N, Lehmann M and Müller W. Laterale Erstluxation der Patella. *Arthroskopie*. 1993;6:256-259.
152. Schock EJ, Burks RT. Medial patellofemoral ligament reconstruction using a hamstring graft. *Oper Tech Sports med* 2001; 9: 169-175
153. Schöttle PB, Werner CM and Romero J. Reconstruction of the medial patellofemoral ligament for painful patellar subluxation in distal torsional malalignment: a case report. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2005;125:644-648.
154. Schöttle PB, Zanetti M, Seifert B, Pfirrmann CW, Fucentese SF and Romero J. The tibial tuberosity-trochlear groove distance; a comparative study between CT and MRI scanning. *Knee*. 2006;13:26-31.
155. Schöttle PB, Scheffler SU, Schwarck A and Weiler A. Arthroscopic medial retinacular repair after patella dislocation with and without underlying trochlear dysplasia - a preliminary report. *Arthroscopy*. 2006;11:231-238.

156. Schöttle PB, Fucentese SF and Romero J. Clinical and radiological outcome of medial patellofemoral ligament reconstruction with a semitendinosus autograft for patella instability. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2005;13:516-521.
157. Schöttle PB, Weiler A and Romero J. Reconstruction of the medial patellofemoral ligament in patellofemoral instability [Rekonstruktion des Lig. patellofemorale mediale bei patellofemorale Instabilität]. *Arthroscopie.* 2005;18:293-300. 89
158. Schöttle PB, Fucentese SF, Pfirrmann CWA, Bereiter H, Romero J Trochleaplasty for patellar instability due to trochlear dysplasia – a minimum 2-year follow-up of 19 knees. *Acta Orthopaedica* 2005; 76 (5): 693-698
159. Schöttle PB, Schmeling A, Rosenstiel N, Weiler A. Radiographic landmarks for femoral tunnel placement in medial patellofemoral ligament reconstruction. *Am J Sports Med,* 35(5): 801-4, 2007.
160. Schöttle PB, Romero J, Schmeling A, Weiler A. Technical note: anatomical reconstruction of the medial patellofemoral ligament using a free gracilis autograft. *Arch Orthop Trauma Surg,* 128(5): 479-84, 2008.
161. Schöttle PB, Hensler D, Imhoff AB. Anatomical double-bundle MPFL reconstruction with an aperture fixation. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc,* 18(2): 147-51, 2010.
162. Schöttle PB, Habilitationsschrift: neue Aspekte in der Behandlung der patellofemorale Instabilität 01.07.2008
163. Senavongse W and Amis AA. The effects of articular, retinacular, or muscular deficiencies on patellofemoral joint stability. *J Bone Joint Surg Br.* 2005;87:577-582.
164. Senavongse W, Farahmand F, Jones J, Andersen H, Bull AM and Amis AA. Quantitative measurement of patellofemoral joint stability: force-displacement behavior of the human patella in vitro. *J Orthop Res.* 2003;21:780-786.
165. Shih YF, Bull AM and Amis AA. The cartilaginous and osseous geometry of the femoral trochlear groove. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2004;12:300-306.
166. Siebold R, Chikale S, Sartory N, Hariri N, Feil S, Passler HH. Hamstring graft fixation in MPFL reconstruction at the patella using a transosseous suture technique. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc,* 18(11): 1542-4, 2010.
167. Sillanpaa PJ, Maenpaa HM, Mattila VM, Visuri T, Pihlajamaki H. A mini-invasive adductor magnus tendon transfer technique for medial patellofemoral ligament reconstruction: a technical note. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc,* 17(5): 508-12, 2009.
168. Simmons E, Jr. and Cameron JC. Patella alta and recurrent dislocation of the patella. *Clin Orthop Relat Res.* 1992;265-269.

169. Smirk C and Morris H. The anatomy and reconstruction of the medial patellofemoral ligament. *Knee*. 2003;10:221-227.
170. Spahn-G, Wittig-R, Kahl-E, Klinger-H.M, Mückley-T, Hofmann G.O. Diagnostik von Knorpelschäden des Kniegelenkes. *Unfallchirurg* 2007, 110:414-424.
171. Stanitski CL. Articular hypermobility and chondral injury in patients with acute patellar dislocation. *Am J Sports Med*. 1995;23:146-150.
172. Steensen RN, Dopirak RM and McDonald WG, 3rd. The anatomy and isometry of the medial patellofemoral ligament: implications for reconstruction. *Am J Sports Med*. 2004;32:1509-1513.
173. Steensen RN, Dopirak RM and Maurus PB. Minimally invasive "crescentic" imbrication of the medial patellofemoral ligament for chronic patellar subluxation. *Arthroscopy*. 2005;21:371-375.
174. Steensen RN, Dopirak RM and Maurus PB. A simple technique for reconstruction of the medial patellofemoral ligament using a quadriceps tendon graft. *Arthroscopy*. 2005;21:365-370.
175. Steiner TM, Torga-Spak R, Teitge RA. Medial patellofemoral ligament reconstruction in patients with lateral patellar instability and trochlear dysplasia. *Am J Sports Med* 2006; 34: 1254-1261
176. Tardieu C and Dupont JY. [The origin of femoral trochlear dysplasia: comparative anatomy, evolution, and growth of the patellofemoral joint]. *Rev Chir Orthop*. 2001;87:373-383.
177. Terry GC. The anatomy of the extensor mechanism. *Clin Sports Medicine*. 1995;8:63-77.
178. Thaunat M, Erasmus PJ. Recurrent patellar dislocation after medial patellofemoral ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2007. 16: p. 40-43.
179. Thor F, Besier, Garry E, Gold, Scott L, Delp, Michael Fredericson, Gary S. Beaupré. The Influence of Femoral Internal and External Rotation on Cartilage Stresses within the Patellofemoral Joint
180. Timothy G, Sanders, Miller Marc D. A Systematic Approach to Magnetic Resonance Imaging Interpretation of Sports Medicine Injuries. *Am. J. Sports Med*. 2005; 33; 131
181. Trillat A, Dejour H and Couette A. [Diagnosis and Treatment of Recurrent Dislocations of the Patella]. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot*. 1964;50:813-824.
182. Tuxoe JI, Teir M, Winge S and Nielsen PL. The medial patellofemoral ligament: a dissection study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2002;10:138-140.

183. Vainionpaa S, Laasonen E, Silvennoinen T, Vasenius J and Rokkanen P. Acute dislocation of the patella. A prospective review of operative treatment. *J Bone Joint Surg Br.* 1990;72:366-369.
184. Vainionpaa S, Laasonen E, Patiala H, Rusanen M and Rokkannen P. Acute dislocation of the patella. Clinical, radiographic and operative findings in 64 consecutive cases. *Acta Orthop Scand.* 1986;57:331-333.
185. Verdonk R, Jansegers E and Stuyts B. Trochleoplasty in dysplastic knee trochlea. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2005;13:529-533.
186. Walch G and Dejour H. [Radiology in femoro-patellar pathology]. *Acta Orthop Belg.* 1989;55:371-380.
187. Warren LA, Marshall JL and Girgis F. The prime static stabilizer of the medial side of the knee. *J Bone Joint Surg Am.* 1974;56:665-674.
188. Warren LF, Marshall JL. The supporting structures and layers on the medial side of the knee: an anatomical analysis. *J Bone Joint Surg (Am)*, 1979. 61: p. 56-62.
189. Wiberg G. Roentgenographic and anatomic studies on the femoropatellar joint. *Acta Orthop Scand.* 1941;12:319-410.
190. Wörtler K. MRT des Kniegelenks. *Radiologe* 2007; 47:1131–1146
191. Yamamoto RK. Arthroscopic repair of the medial retinaculum and capsule in acute patellar dislocations. *Arthroscopy.* 1986;2:125-131.

7...Abbildungsverzeichnis:

Abbildung 1: Überbohren der Ziehlbohrdrähte und Fixierung des Sehnenranplantates in vorgebohrte Löcher	16
Abbildung 2: 2-Bündel-Rekonstruktion; primäre und direkte anatomische Fixierung mit Swivellock-Ankern	17
Abbildung 3: Geschlechts- und Alterverteilung	21
Abbildung 4: patellärer Tilt (14)	31
Abbildung 5: patellärer Shift (14)	31
Abbildung 6: Patellahöhe nach Caton-Deschamps (28)	32
Abbildung 7: Klassifikation des Grades der Trochleadysplasie nach Henri Dejour (44)	33
Abbildung 8: TTTG-Abstand (14)	33
Abbildung 9: femorale Insertionsstelle (159)	34
Abbildung 10: subjektives Befinden	37
Abbildung 11: Bewegungsausmaß	39
Abbildung 12: Kujala-Score (n=50)	44
Abbildung 13: IKDC-Score (n=50)	45

Tabellenverzeichnis:

Tabelle 1: Grad der Trochleadysplasie	23
Tabelle 2: Einteilung der Subgruppen	24
Tabelle 3: Klassifikation der Trochleadysplasie (44)	32
Tabelle 4: Stadieneinteilung der Arthrose im Röntgenbild nach Kellgren und Lawrence 1957	34
Tabelle 5: Medikamente allgemein gegen Schmerzen im Kniegelenk und zur Ausführung sportlicher Aktivitäten	36
Tabelle 6: Schöttle-Test 12 Monate	41
Tabelle 7: Tegneraktivitäts-Score (n=50)	43
Tabelle 8: Trochleadysplasie/ Trochleaplastik	45
Tabelle 9: Subgruppeneinteilung	49
Tabelle 10: Bewegungsausmaße der 4 Subgruppen	49
Tabelle 11: Kompressionsschmerz der 4 Subgruppen	50
Tabelle 12: Scoreergebnisse der Subgruppe 1	51
Tabelle 13: Scoreergebnisse der Subgruppe 2	51
Tabelle 14: Scoreergebnisse der Subgruppe 3	52

Tabelle 15: Scoreergebnisse der Subgruppe 4	52
Tabelle 16: Patellahöhe im Vergleich der 4 Subgruppen	54
Tabelle 17: Tilt im Vergleich der 4 Subgruppen	54
Tabelle 18: Shift im Vergleich der 4 Subgruppen	55
Tabelle 19: Arthrosegrad im Vergleich der 4 Subgruppen	55
Tabelle 20: ICRS im Vergleich der 4 Subgruppen	56
Tabelle 21: Kompressionsschmerz im Vergleich Aperture-/Fadenankertechnik	58
Tabelle 22: Scores im Vergleich der beiden Operationstechniken	61

8...Abkürzungsverzeichnis

ART	Articulatio
AT	Abstand zwischen der distalen patellären und der anterioren tibialen Gelenkfläche
BMI	Body-mass-index
CT	Computertomographie
FEM	femoral
HIT	Heparin induzierte Thrombozytopenie
ICRS	international cartilage repair society
IKDC	international knee-documentation commitee
LIG	Ligamentum
M	Musculus
MCL	Mediales Collateralband
MPFL	Mediales patellofemorales Ligament
MPML	Mediales patellomeniscales Ligament
MRT	Magnetresonanztomographie
OATS	osteocondrales autologes Transplantationssystem
PA	Abstand zwischen der proximalen und der distalen patellären Gelenkfläche
PAT	patellär
PFI	patellofemorale Instabilität
PG	Retropatellarer Giebel
TD	Trochleadysplasie
TG	Trochleäre Grube
TIB	tibial
TTTG	Tuberositas tibiae – trochleäre Grube Distanz
VMO	Vastus medialis obliquus

9...Anhang

Der Anhang enthält:

- den vom Patienten auszufüllenden Bogen mit Einverständniserklärung zur Teilnahme an der vorliegenden Studie

- den vom Untersucher auszufüllenden allgemeinen Frage- und Untersuchungsbogen für die präoperative Befragung

- den vom Untersucher auszufüllenden allgemeinen Frage- und Untersuchungsbogen für die postoperative Befragung

- den vom Untersucher auszufüllenden Bogen für die klinische Untersuchung des Kniegelenks

- Auswertungsbögen für die Scores in der verwendeten Form

 - Tegner-Aktivitätsscore

 - Kujala-Score

 - IKDC-Score

Einverständniserklärungsbogen für den Patienten:



**Abteilung für Sportorthopädie
Klinikum rechts der Isar
Technische Universität München**

Einverständniserklärung

zur Teilnahme an der Studie der “Patellofemorale Stabilität durch operative Eingriffe am passiven Apparat“

Sehr geehrte Patientinnen,
sehr geehrte Patienten,

mit dieser Studie untersuchen wir die Stabilität des patellofemorale Gelenkes (Kniescheibengelenk) nach operativen Eingriffen mit Hauptmerkmal auf die Sportfähigkeit.

Für Sie bedeutet dies:

- Bei jedem Termin müssen Sie den folgenden Fragebogen ausfüllen.
(1 x vor der OP, 6 Wochen, 6 Monate, 3 Monate sowie 12 Monate nach der OP)
- Die Ergebnisse der klinischen Untersuchung und der Bildgebung zur Verfügung stellen.

Die erhobenen Daten werden anonymisiert und vertraulich behandelt.

Hiermit erkläre ich mich bereit, an dieser Studie teilzunehmen sowie meine anonymisierten Daten zur Verfügung zu stellen.

München, _____

Unterschrift

Patientenfragebogen präoperativ:

Name: _____ Vorname: _____

Geburtsdatum: _____ Beruf: _____

Untersuchungsdatum: _____

Wann ist Ihnen erstmals die Kniescheibe herausgesprungen? _____

Welche Seite ist betroffen?

Rechts Links

Wie ist es passiert?

Traumatisch (z.B. Unfall) Atraumatisch (z.B. Alltagsbewegung)

Wie oft ist die Kniescheibe seither herausgesprungen?

Traumatisch: _____ Atraumatisch: _____

Konnten Sie die Kniescheibe selbstständig an die urspr. Lage zurückführen?

Ja Nein

Besteht bei Ihrem anderen Knie dieselbe Problematik?

Ja Nein

Wann treten die Beschwerden auf? (Mehrfachantwort möglich)

In Ruhe

Nachts

Bei Belastung (bei welcher): Treppen hinaufsteigen

Treppen hinabsteigen

Tritt in ihrer Familie die Patellaluxation gehäuft auf?

Ja mütterlicherseits Nein

väterlicherseits

Nehmen Sie deswegen schmerzlindernde Medikamente ein?

Immer

Regelmäßig

Selten

Nie

Hatten Sie orthopädische Voroperationen?

- Ja, (Welche? Wann?) _____
- Nein

Haben Sie andere Vorerkrankungen?

- Ja, (welche?) _____
- Nein

Rauchen Sie? Ja Nein

Trinken sie Alkohol? Nie Gelegentlich Täglich

Welche Sportart(en) haben Sie vor dem Auftreten der Kniesymptomatik ausgeübt?

Leistungssport (___x ___h/Woche): _____
(___x ___h/Woche): _____

Freizeitsport (___x ___h/Woche): _____
(___x ___h/Woche): _____

Welche Sportart(en) betreiben Sie aktuell?

Leistungssport (___x ___h/Woche): _____
(___x ___h/Woche): _____

Freizeitsport (___x ___h/Woche): _____
(___x ___h/Woche): _____

Müssen Sie schmerzlindernde Medikamente zur Durchführung sportlicher Aktivitäten nehmen?

- Immer
- Gelegentlich
- Nie

Haben Sie während oder nach dem Sport Schmerzen in dem betroffenen Knie?

- Starke Schmerzen
- Mäßige Schmerzen
- Leichte Schmerzen
- Keine Schmerzen

Wie ist Ihr subjektives Befinden während des Sports?

- Sehr gut, keine Probleme
- Angst- und Unsicherheitsgefühl
- Bewegungseinschränkungen
- Sonstiges: _____

Haben Sie sich an die Anweisungen der Ärzte, sowie der Physiotherapeuten gehalten?

Ja Zum Teil Nein, weil _____

Wie sind Sie mit dem bisherigen Therapieverlauf zufrieden?

- Sehr zufrieden
 Zufrieden
 Nicht zufrieden
 Überhaupt nicht zufrieden

Subjektives Befinden (Welche Beschwerden liegen vor?)

Bei welchen Bewegungen tritt ein Unsicherheitsgefühl (Luxationsangst) auf?

Patientenfragebogen postoperativ

Name: _____ Vorname: _____

Geburtsdatum: _____ Beruf: _____

Untersuchungsdatum: _____

- Termin:**
- 6 Wochen nach der Operation
 - 3 Monate nach der Operation
 - 6 Monate nach der Operation
 - 12 Monate nach der Operation

Ist Ihnen seit der Operation die Kniescheibe wieder herausgesprungen?

- Ja Nein

Wie ist es passiert?

- Traumatisch (z.B. Unfall) Atraumatisch (z.B. Alltagsbewegung)

Wie oft ist die Kniescheibe seither herausgesprungen?

Traumatisch: _____ Atraumatisch: _____

Konnten Sie die Kniescheibe selbstständig an die urspr. Lage zurückführen?

- Ja Nein

Wann treten die Beschwerden auf? (Mehrfachantwort möglich)

- In Ruhe
- Nachts
- Bei Belastung (bei welcher):
 - Treppen hinaufsteigen
 - Treppen hinabsteigen

Nehmen Sie deswegen schmerzlindernde Medikamente ein?

- Immer
- Regelmäßig
- Selten
- Nie

Wann haben Sie erstmals nach der Operation Ihren Sport wieder ausgeübt?

- Innerhalb 4 Wochen
- Innerhalb 8 Wochen
- Nach 2-3 Monaten
- Nach 3-6 Monaten
- Mehr als 6 Monate danach

Welche Sportart(en) betreiben Sie aktuell?

Leistungssport (___x ___h/Woche): _____
 (___x ___h/Woche): _____
 Freizeitsport (___x ___h/Woche): _____
 (___x ___h/Woche): _____

Müssen Sie schmerzlindernde Medikamente zur Durchführung sportlicher Aktivitäten nehmen?

- Immer
 Gelegentlich
 Nie

Haben Sie während oder nach dem Sport Schmerzen in dem betroffenen Knie?

- Starke Schmerzen
 Mäßige Schmerzen
 Leichte Schmerzen
 Keine Schmerzen

Wie ist Ihr subjektives Befinden während des Sports?

- Sehr gut, keine Probleme
 Angst- und Unsicherheitsgefühl
 Bewegungseinschränkungen
 Sonstiges: _____

Wie hat sich die Operation auf Ihre Sportfähigkeit ausgewirkt?

- Verbesserung: _____

 Keine Auswirkung
 Verschlechterung: _____

Haben Sie sich an die Anweisungen der Ärzte, sowie der Physiotherapeuten gehalten?

- Ja Zum Teil Nein, weil _____

Wie sind Sie mit dem bisherigen Therapieverlauf zufrieden?

- Sehr zufrieden
 Zufrieden
 Nicht zufrieden
 Überhaupt nicht zufrieden

Würden Sie diese Operation rückblickend nochmals durchführen lassen?

Ja

Nein, weil _____

Subjektives Befinden (Welche Beschwerden liegen vor?)

Bei welchen Bewegungen tritt ein Unsicherheitsgefühl (Luxationsangst) auf?

Klinische Untersuchung:

Name: _____ Vorname: _____

Geburtsdatum: _____ Untersuchungsdatum: _____

Körpergröße: _____ Körpergewicht: _____

Termin: Präoperativ
 6 Wochen postoperativ
 3 Monate postoperativ
 12 Monate postoperativ

Beinachse: Gerade
 Genu valgum
 Genu varum
 Genu recurvatum

Beinlängendifferenz: _____

Intoeing: Stark
 Leicht
 Nicht ausgeprägt

Muskulatur: Atrophie O.p.B

Derma / Narbe: _____

DMS: _____

Entzündungszeichen: Ja Nein

Schwellung: Ja Nein

ROM F/E: ____° / ____° / ____°

Schmerzbedingtes Flexionsdefizit: Ja (ab ____°) Nein

Crepitationen: Ja Nein

Erguss: Ja Nein

Druckschmerzpunkte: _____

Mediale softness: Positiv Negativ

Laterale softness: Positiv Negativ

Kompressionsschmerz: Positiv Negativ

Schöttle-Test: Positiv Negativ

Facettendruckschmerz: Medial Lateral Negativ

Patellaverschieblichkeit (schmerzhaft?): Ja Nein

Hypermobilität der Patella: Ja Nein

Apprehension: Positiv 0-20° Negativ

20-40°

0-60°

>60°

J-sign: Positiv Negativ

Collateral- / Kreuzbänder: Stabil Instabil

Allgemeine Bandlaxität: Positiv Negativ

Meniskuszeichen: Lateral Medial Negativ

Tegner-Aktivitätsscore:

Welches ist die anspruchvollste Tätigkeit die Sie ohne Schmerzen ausüben können?

- Wegen Kniebeschwerden arbeitsunfähig oder berentet	0
- Arbeit in sitzendem Zustand - Gehen auf ebener Fläche	1
- Leichte körperliche Arbeit - Gehen auf unebener Fläche (im Wald aber noch nicht möglich)	2
- Leichte körperliche Arbeit (z.B. Krankenschwester) - Wettkampf- und Freizeitsport (Schwimmen, Gehen auf unebener Fläche inkl. Waldspaziergänge)	3
- Mittelschwere körperliche Arbeit (z.B. LKW-Fahrer, schwere Haushaltstätigkeit) - Freizeitsport (Radfahren, Langlauf, Joggen auf unebener Fläche mind. 2x die Woche)	4
- Schwere körperliche Arbeit (z.B. Bauarbeiter) - Freizeitsport (Radfahren, Langlauf, Joggen auf unebener Fläche mind. 2x die Woche)	5
- Freizeitsport (Tennis, Badminton, Handball, Basketball, Turnen, Abfahrtsski, Joggen mind. 5x die Woche, Leichtathletik (mit Laufdisziplinen))	6
- Freizeitsport (Tennis, Leichtathletik (mit Sprungdisziplinen), Fußball, Eishockey)	7
- Wettkampfsport (Squash, Badminton, Leichtathletik (mit Sprungdisziplinen), Abfahrtsski, Eishockey, Hallen- und Ballsportarten ohne Gegnerkontakt)	8
- Wettkampfsport: - Regional (Fußball, Hallen- und Ballsportarten mit Gegnerkontakt, Turnen, Wrestling, Eishockey) - International (Abfahrtsski, Hallen- und Ballsportarten ohne Gegnerkontakt)	9
- Wettkampfsport (nationale und internationale Turniere: Fußball, Hallensport mit Gegnerkontakt)	10

Kujala-Knie-Score:

- | | | |
|---------------------------------------------------------------------|--|----|
| 1. Wie oft hinken Sie? | | |
| <input type="checkbox"/> Nie | | 5 |
| <input type="checkbox"/> Gelegentlich | | 3 |
| <input type="checkbox"/> Ständig | | 0 |
| 2. Wie halten Sie Belastung stand? | | |
| <input type="checkbox"/> Volle Belastung ohne Schmerzen | | 5 |
| <input type="checkbox"/> Schmerzhaft | | 3 |
| <input type="checkbox"/> Nicht möglich | | 0 |
| 3. Wie weit können Sie ohne Schmerzen gehen ? | | |
| <input type="checkbox"/> Uneingeschränkt | | 5 |
| <input type="checkbox"/> Mehr als 2 km | | 3 |
| <input type="checkbox"/> 1-2 km | | 2 |
| <input type="checkbox"/> Unmöglich | | 0 |
| 4. Haben Sie beim Treppensteigen Probleme? | | |
| <input type="checkbox"/> Keine Probleme | | 10 |
| <input type="checkbox"/> Schmerzen beim Treppen hinabgehen | | 8 |
| <input type="checkbox"/> Schmerzen beim Treppenhinauf- und -abgehen | | 5 |
| <input type="checkbox"/> Nur mit Geländer möglich | | 0 |
| 5. Wie funktioniert die Knie beugung ? | | |
| <input type="checkbox"/> Keine Probleme | | 10 |
| <input type="checkbox"/> Wiederholte Beugung schmerzhaft | | 4 |
| <input type="checkbox"/> Immer schmerzhaft | | 3 |
| <input type="checkbox"/> Nur mit Teilbelastung möglich | | 2 |
| <input type="checkbox"/> Nicht möglich | | 0 |
| 6. Wie ist Ihre Schmerzempfindung beim Joggen ? | | |
| <input type="checkbox"/> Keine Probleme | | 10 |
| <input type="checkbox"/> Schmerzen nach >2km | | 8 |
| <input type="checkbox"/> Leichte Schmerzen von Beginn | | 6 |
| <input type="checkbox"/> Starke Schmerzen | | 3 |
| <input type="checkbox"/> Joggen ist unmöglich | | 0 |
| 7. Wie ist Ihre Schmerzempfindung beim Springen ? | | |
| <input type="checkbox"/> Keine Probleme | | 10 |
| <input type="checkbox"/> Leichte Probleme | | 7 |
| <input type="checkbox"/> Ständig Schmerzen | | 2 |
| <input type="checkbox"/> Springen ist unmöglich | | 0 |
| 8. Wie hält Ihr Knie einem Kinobesuch stand? | | |
| <input type="checkbox"/> Keine Probleme | | 10 |
| <input type="checkbox"/> Konstante Schmerzen | | 6 |
| <input type="checkbox"/> Knie immer wieder strecken | | 4 |
| <input type="checkbox"/> Unmöglich | | 0 |
| 9. Wann haben Sie Schmerzen ? | | |
| <input type="checkbox"/> Keine | | 10 |
| <input type="checkbox"/> Leicht und gelegentlich | | 8 |
| <input type="checkbox"/> Treten auch in der Nacht auf | | 6 |
| <input type="checkbox"/> Gelegentlich invalidisierend | | 3 |
| <input type="checkbox"/> Ständig invalidisierend | | 0 |
| 10. Treten Schwellungen auf? | | |
| <input type="checkbox"/> Nein | | 10 |
| <input type="checkbox"/> Nach sportlicher Aktivität | | 8 |

- | | | |
|---------------------------------------------------------------------|------------------------------|----|
| <input type="checkbox"/> | Nach täglicher Beanspruchung | 6 |
| <input type="checkbox"/> | Jeden Morgen | 4 |
| <input type="checkbox"/> | Ständig | 0 |
| 11. Wann tritt ein Unsicherheitsgefühl bei Ihrem Knie auf? | | |
| <input type="checkbox"/> | Nie | 10 |
| <input type="checkbox"/> | Gelegentlich bei Sport | 6 |
| <input type="checkbox"/> | Gelegentlich im Alltag | 4 |
| <input type="checkbox"/> | Immer | 0 |
| 12. Atrophie des VMO? (Wird vom betreuenden Arzt ausgefüllt) | | |
| <input type="checkbox"/> | Nein | 5 |
| <input type="checkbox"/> | Leicht | 3 |
| <input type="checkbox"/> | Deutlich | 0 |
| 13. Flexionsdefizit (Wird vom betreuenden Arzt ausgefüllt) | | |
| <input type="checkbox"/> | > 130 | 5 |
| <input type="checkbox"/> | 100-130 | 3 |
| <input type="checkbox"/> | < 100 | 0 |

Summe:_____

IKDC-Score:

Symptome:

Wählen Sie zur Beurteilung der Symptome die höchste Aktivitätsstufe, die Sie Ihrer Meinung nach ohne erhebliche Symptome ausüben könnten, selbst wenn Sie auf dieser Stufe keine Aktivitäten ausüben.

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

- Sehr anstrengende Aktivitäten wie Springen oder Drehbewegungen bei einseitiger Fußbelastung (Basketball oder Fußball)
- Anstrengende Aktivitäten wie schwere körperliche Arbeit, Skilaufen oder Tennis
- Mäßig anstrengende Aktivitäten wie mäßige körperliche Arbeit, Laufen oder Joggen
- Leichte Aktivitäten wie Gehen, Haus- oder Gartenarbeit
- Ich kann aufgrund meiner Schmerzen im Knie keine der oben genannten Aktivitäten ausführen

2. Wie oft hatten Sie in den vergangenen 4 Wochen oder seit dem Auftreten Ihrer Verletzung Schmerzen?

Kreuzen Sie eines der Kästchen in der nachstehenden Skala an. Die Skala beginnt mit 0 (nie) und geht mit zunehmender Häufigkeit der Schmerzen bis zu 10 (ständig Schmerzen).

- 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
- Nie ständig Schmerzen

3. Wie stark sind Ihre Schmerzen?

Kreuzen Sie eines der Kästchen in der nachstehenden Skala an. Die Skala beginnt mit 0 (keine Schmerzen) und geht mit zunehmender Häufigkeit der Schmerzen bis zu 10 (unerträgliche Schmerzen).

- 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
- Nie ständig Schmerzen

4. Wie steif oder geschwollen war Ihr Knie während der vergangenen 4 Wochen oder seit dem Auftreten Ihrer Verletzung?

- Überhaupt nicht
- Etwas
- Ziemlich
- Sehr
- Extrem

5. Was ist die höchste Aktivitätsstufe, die Sie ohne erhebliches Anschwellen des Knies ausüben können?

- Sehr anstrengende Aktivitäten wie Springen oder Drehbewegungen bei einseitiger Fußbelastung (Basketball oder Fußball)
- Anstrengende Aktivitäten wie schwere körperliche Arbeit, Skilaufen oder Tennis
- Mäßig anstrengende Aktivitäten wie mäßige körperliche Arbeit, Laufen oder Joggen
- Leichte Aktivitäten wie Gehen, Haus- oder Gartenarbeit
- Ich kann aufgrund meiner Schmerzen im Knie keine der oben genannten Aktivitäten ausführen

6. Hatten Sie in den vergangenen 4 Wochen oder seit dem Auftreten Ihrer Verletzung ein gesperrtes Knie oder ist Ihr Knie aus- und wieder eingeschnappt?

- Ja Nein

7. Was ist die höchste Aktivitätsstufe, die Sie ohne erhebliche durch Knieschwäche verursachte Gangunsicherheit einhalten können?

- Sehr anstrengende Aktivitäten wie Springen oder Drehbewegungen bei einseitiger Fußbelastung (Basketball oder Fußball)
- Anstrengende Aktivitäten wie schwere körperliche Arbeit, Skilaufen oder Tennis
- Mäßig anstrengende Aktivitäten wie mäßige körperliche Arbeit, Laufen oder Joggen
- Leichte Aktivitäten wie Gehen, Haus- oder Gartenarbeit
- Ich kann aufgrund meiner Schmerzen im Knie keine der oben genannten Aktivitäten ausführen

Sportliche Betätigung:

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

- Sehr anstrengende Aktivitäten wie Springen oder Drehbewegungen bei einseitiger Fußbelastung (Basketball oder Fußball)
- Anstrengende Aktivitäten wie schwere körperliche Arbeit, Skilaufen oder Tennis
- Mäßig anstrengende Aktivitäten wie mäßige körperliche Arbeit, Laufen oder Joggen
- Leichte Aktivitäten wie Gehen, Haus- oder Gartenarbeit
- Ich kann aufgrund meiner Schmerzen im Knie keine der oben genannten Aktivitäten ausführen

9. Wie schwierig sind aufgrund Ihres Knies die folgenden Aktivitäten für Sie?

	Überhaupt nicht schwierig	minimal schwierig	ziemlich schwierig	extrem schwierig	unmöglich
a) Treppensteigen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b) Treppen hinuntergehen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c) auf dem vorderen Knie gehen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d) Hockstellung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e) normal sitzen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
f) vom Stuhl aufstehen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
g) Geradeaus laufen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
h) Hochspringen und auf dem betroffenen Bein landen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
i) beim Gehen (bzw. Laufen, wenn Sie Sportler/in sind) schnell anhalten und starten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Funktion:

10. Wie würden Sie die Funktionsfähigkeit Ihres Knies auf einer Skala von 0 bis 10 beurteilen, wobei 10 eine normale und ausgezeichnete Funktionsfähigkeit bezeichnet und 0 die Unfähigkeit, irgendeine Ihrer normalen täglichen Aktivitäten, darunter möglicherweise auch Sport, auszuführen?

Funktionsfähigkeit vor der Knieverletzung:

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Derzeitige Funktionsfähigkeit Ihres Knies:

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

_____ %

Danksagung

Mein Dank gilt PD Dr. Philip Schöttle und Prof. A.B. Imhoff für die Bereitschaft dieses Thema für mich zu ermöglichen und die freundliche Beratung sowie das Korrekturlesen zur erfolgreichen Ausführung der Arbeit.

Dr. Knut Beitzel und Dr. Daniel Hensler für die freundliche, gute und immer wieder motivierende Betreuung und Zusammenarbeit, die zur vorliegenden Arbeit geführt hat.

Dem ganzen Team der Sportorthopädie des Universitätsklinikums rechts der Isar für die hervorragende Zusammenarbeit

Mein besonderer Dank gilt meiner Familie, besonders meinen Eltern, die mich so unentwegt liebevoll unterstützt haben, aber auch meinen Geschwister, weil sie immer für mich da sind.