

TECHNISCHE UNIVERSITÄT MÜNCHEN
Abteilung und Poliklinik für Sportorthopädie
Klinikum rechts der Isar
(Vorstand: Univ.-Prof. Dr. A. Imhoff)

Klinische Ergebnisse nach Rekonstruktion des Ligamentum patellofemorale mediale zur Behandlung der patellofemorale Instabilität - eine prospektive Studie

Marina Caroline Münch

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. Univ.-Prof. Dr. A. Imhoff
2. Priv.-Doz. Dr. Ph. Schöttle
3. Priv.-Doz. Dr. R.H.H. Burgkart

Die Dissertation wurde am 07.02.2011 bei der Technischen Universität München eingereicht und durch die Fakultät für Medizin am 18.04.2012 angenommen.

In Dankbarkeit meinen Eltern gewidmet

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I
Abbildungsverzeichnis	IV
Abkürzungsverzeichnis	VII
1 Einleitung	1
1.1 Ätiologie und Epidemiologie der Patellaluxation	1
1.1.1 Allgemeines	1
1.1.2 Formen der Patellaluxation	3
1.2 Faktoren der patellofemorale Stabilität	4
1.2.1 Aktive Faktoren	4
1.2.2 Statische Faktoren	6
1.2.3 Passive Faktoren	7
1.2.4 Das Zusammenspiel der stabilisierenden Faktoren	8
1.3 Therapeutische Interventionen der Patellaluxation	8
1.3.1 Bisherige Therapieverfahren zur Patellastabilisierung	9
1.3.2 Rekonstruktion des MPFL	13
1.3.3 Neue, stabilisierende Kombinationseingriffe der MPFL-Rekonstruktion	13
1.4 Anatomie und Biomechanik	15
1.4.1 Anatomie und Biomechanik des patellofemorale Gelenkes	15
1.4.2 Anatomie und Biomechanik des MPFL	19
2 Fragestellung, Zielsetzung und Hypothese der Arbeit	24
3 Material	27
3.1 Patientengut	27
3.2 MPFL-Rekonstruktion	30
3.2.1 Operationstechnik	30
3.2.2 Postoperatives Procedere	34
4 Methodik	35
4.1 Subjektiver Patientenfragebogen	35

4.1.1 Allgemeines	35
4.1.2 Sportfähigkeit	36
4.2 Subjektive Scores	36
4.2.1 IKDC Score	36
4.2.2 Alternierender Kujala Score	37
4.2.3 Tegner Aktivitätsscore	37
4.3 Klinische Untersuchung	38
4.4 Bildgebende Verfahren zur Diagnostik der patello- femorale Instabilität	40
4.4.1 Konventionelle Radiologie	40
4.4.2 Magnetresonanztomographie	42
4.5 Statistische Auswertung	47
5 Ergebnisse	48
5.1 Subjektiver Fragebogen	48
5.1.1 Allgemeines	48
5.1.2 Sportfähigkeit	49
5.2 Subjektive Scores	52
5.2.1 Gesamtauswertung der Scores	52
5.2.2 Differenzierung der Ergebnisse nach Subgruppen	53
5.2.3 Einfluss einer Trochleadysplasie	56
5.3 Ergebnisse der klinischen Untersuchung	56
5.3.1 Inspektion und Palpation	56
5.3.2 Bewegungsausmaß	59
5.3.3 Spezifische Tests des Patellofemoralgelenks	61
5.4 Radiologische Ergebnisse	63
5.4.1 Konventionelle Radiologie	63
5.4.2 Magnetresonanztomographie	65
5.5 Komplikationen	68
5.6 Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse	68
6 Diskussion	70
6.1 Subjektiver Fragebogen	70

6.2 Subjektive Scores	73
6.3 Klinische Untersuchung	74
6.4 Bildgebende Verfahren	75
6.5. Kritikpunkte	79
7 Zusammenfassung	81
8 Literaturverzeichnis	83
9 Anhang	95
10 Danksagung	110

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Laterale Patellaluxation (in situ)	2
Abb. 2: Laterale Patellaluxation (Röntgenbild)	2
Abb. 3: Bestimmung des Q-Winkels	5
Abb. 4: Bild einer Trochleadysplasie	6
Abb. 5: Stabilisierende Faktoren abhängig vom Flexionsgrad	8
Abb. 6: Tuberositasversatz	10
Abb. 7: Fixierung der Tuberositas	10
Abb. 8: VMO-Raffung	11
Abb. 9: Lateral Release	12
Abb. 10: Abhebung Knorpelknochenschuppe	14
Abb. 11: Modellierung einer trochleären Grube	14
Abb. 12: Bestimmung des Korrekturwinkels	15
Abb. 13: Fixierung mit einer Platte	15
Abb. 14: Anatomische Darstellung des patellofemorales Gelenkes	17
Abb. 15: Darstellung der verschiedenen Stabilisatoren der Patella	17
Abb. 16: Kontaktflächen des patellofemorales Gelenkes	18
Abb. 17: Patellofemorales Druck	19
Abb. 18: Anteromediale Schichten des Kniegelenkes	20
Abb. 19: Anatomie des MPFL	21
Abb. 20: Zweibündelstruktur des MPFL	21
Abb. 21: Biomechanische Wirkung des MPFL	23
Abb. 22: Subgruppen der OP-Eingriffe	28
Abb. 23: Altersverteilung der Studienteilnehmer	29
Abb. 24: Sehnenentnahme	30
Abb. 25: Sehnenpräparation	30
Abb. 26: Inzision über der medialen Kante	31
Abb. 27: Schaffung einer knöchernen Furche	31
Abb. 28: Einbringung der Fadenanker	31
Abb. 29: Fadenanker	31
Abb. 30: Zurückziehen der Fadenschlinge	32
Abb. 31: Platzierung des Führungsdrahtes	32
Abb. 32: Intraoperative Kontrolle	32

Abb. 33: BV-Kontrolle	32
Abb. 34: Bestimmung der Transplantatlänge	33
Abb. 35: Fixierung am proximalen Fadenanker	33
Abb. 36: Fixierung an den patellaren Ankern	33
Abb. 37: Zusammengenähte Transplantatenden	33
Abb. 38: Prüfung des Bewegungsumfanges	33
Abb. 39: "Dreieckiges Konstrukt"	33
Abb. 40: Zeitplan	35
Abb. 41: "Laterale Softness"	38
Abb. 42: Apprehension sign	39
Abb. 43: J-sign	40
Abb. 44: Caton-Deschamps Index	41
Abb. 45: Bestimmung der femoralen Insertion	42
Abb. 46: Gradeinteilung der Trochleadysplasie	44
Abb. 47: Messung des patellofemorale Tilt und Shift	45
Abb. 48: Messung des TTTG-Abstandes	46
Abb. 49: VAS Score - Dauer der Schmerzen	48
Abb. 50: VAS Score - Intensität der Schmerzen	49
Abb. 51: Ausübung des Sports	50
Abb. 52: Wiederaufnahme des Sports	50
Abb. 53: Veränderung der sportlichen Betätigung 1 Jahr postoperativ	52
Abb. 54: Outcome des IKDC Scores gesamt	52
Abb. 55: Outcome des Kujala Scores gesamt	53
Abb. 56: Outcome des Tegner Scores gesamt	53
Abb. 57: IKDC Score – Untergruppen	54
Abb. 58: Kujala Score – Untergruppen	54
Abb. 59: Tegner Score – Untergruppen	55
Abb. 60: IKDC gesamt in Abhängigkeit der TD	56
Abb. 61: Pathologische Testergebnisse der klinische Untersuchung	58
Abb. 62: Flexion der operierten Extremität	60
Abb. 63: Extension der operierten Extremität	61
Abb. 64: Apprehension sign präoperativ	62
Abb. 65: Ergebnisse des Schöttle Tests	63
Abb. 66: Ergebnisse der Patellahöhe	64

Abb. 67: Definition der femoralen Insertion	64
Abb. 68: Auswertung der femoralen Insertion	65
Abb. 69: Ergebnisse des ICRS patellar und femoral	66
Abb. 70: ICRS in Abhängigkeit der TD	66
Abb. 71: Ergebnisse des patellaren Tilt	67
Abb. 72: Ergebnisse des patellaren Shift	67

Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
a.p.	anterior-posterior
ASK	Arthroskopie
bzw.	beziehungsweise
CDR	Caton-Deschamps Ratio
CRPS	Complex regional pain syndrome
DS	Druckschmerz
etc.	et cetera
FS	Freizeitsport
ICRS	International Cartilage Repair Society
IKDC	International Knee Documentation Committee
Lig.	Ligamentum
LS	Leistungssport
M	Monat
M.	Musculus
MCL	mediales Collateralband
MPa	Megapascal
MPFL	mediales patellofemorales Ligament
MRT	Magnetresonanztomographie
MW	Mittelwert
N	Newton
OP	Operation
p	Signifikanzwert (p-Wert)
PFI	patellofemorale Instabilität
Physio	Physiotherapie
postop	postoperativ
präop	präoperativ
SD	Standardabweichung
TD	Trochleadysplasie
TTTG-Abstand	Abstand zwischen Tuberositas tibiae und trochleärer Grube
v.a.	vor allem
VAS	visuelle Analogskala

VMO	Musculus vastus medialis obliquus
W	Wochen
z.B.	zum Beispiel

1 Einleitung

Eine der häufigsten orthopädischen Krankheitsbilder, die bei Kindern, Jugendlichen und jungen Erwachsenen einen Arztbesuch erfordern, sind patellofemorale Beschwerden. Diese können sich klinisch von isolierten vorderen Knieschmerzen bis zu rezidivierenden Dislokationen manifestieren.^{37, 41, 70, 92, 120}

Nach Dejour et al.^{36, 37} wird die patellofemorale Pathologie vereinfacht dargestellt in die nachfolgenden Gruppen kategorisiert:

- objektive Patellainstabilität mit Luxationen oder Subluxationen bei Vorhandensein einer Trochleadysplasie
- potenzielle Patellainstabilität mit anatomischen Abweichungen ohne bisherige Luxation
- patellofemorales Schmerzsyndrom ohne anatomische Abweichungen
- patellofemorale Arthrose

Darunter ist die patellofemorale Instabilität eines der häufigsten klinischen Syndrome.

Die letzten Jahre gab es auf diesem Themengebiet einige wichtige Entwicklungen in Bezug auf die Evaluation der stabilisierenden Strukturen sowie Mechanismen und Bedingungen unter denen diese Stabilisatoren versagen. Des Weiteren befassten sich jüngere Studien speziell mit dem medialen patellofemoralem Ligament (MPFL), das lange Zeit wenig beachtet und unterschätzt wurde. Erst im letzten Jahrzehnt bekam das MPFL zunehmende Aufmerksamkeit als essentieller Stabilisator der Patella.

In dieser Arbeit werden das MPFL sowie ein Operationsverfahren zu dessen Rekonstruktion näher analysiert. Insbesondere soll hierbei ein Vergleich des postoperativen Outcomes zwischen Initial- und Revisionseingriff präsentiert werden. Ein weiterer zentraler Punkt stellt die Analyse der Auswirkungen dieser Operation auf den Patienten dar.

1.1 Ätiologie und Epidemiologie der Patellaluxation

1.1.1 Allgemeines

Die Patellaluxation ist eine Dislokation der Kniescheibe aus ihrem femoralen Gleitlager, die v.a. bei jüngeren Patienten auftritt. Die allgemeine Inzidenz einer

Erstluxation wird mit 5,8/100.000 angegeben. Betrachtet man allein die Gruppe der 10 - 17 Jährigen so steigt das Risiko sogar bis auf 43/100.000. In Deutschland werden Primärluxationen mit bis zu 23.000 Fällen pro Jahr angegeben.^{28, 57, 68, 101}

Ursprünglich wurde die Patellaluxation als seltene klinische Diagnose angesehen, die nur bei Mädchen mit abnormaler patellofemorale Anatomie vorzufinden ist. Nun ist die Dislokation jedoch auch als Verletzung bei Freizeit- und Hochleistungssportler anerkannt. Betrachtet man die Gesamtheit aller Knieverletzungen, macht die Patellaluxation zwar nur 2 - 3 % aus, jedoch ist sie in 9 - 16 % der Fälle bei einer akuten Verletzung mit Hämarthros verantwortlich.^{81, 101, 141} Sowohl bei Alltagsaktivitäten als auch während des Sports liegt bei der Patellaluxation eine deutliche Gewichtung in Richtung atraumatischer Genese mit bis zu 90 % der Fälle vor.¹²³ Die Erstluxation tritt meist im Alter zwischen 10 - 20 Jahren auf, wobei Frauen häufiger betroffen sind als Männer.^{9, 145}



Abb. 1: Laterale Patellaluxation (in situ)¹³ Abb. 2: Laterale Patellaluxation (Röntgenbild)

Bei fixierter Tibia sowie gleichzeitiger Flexion v.a. zwischen 0° - 30° und Innenrotation des Femurs kommt es durch Kontraktion des M. quadriceps femoris zur Luxation nach lateral.⁸⁴ Wesentlich seltener geschieht die Dislokation aufgrund eines medialen Anpralltraumas. In der Regel kommt es zu einer Spontanreposition durch reflektorische Quadricepsanspannung.¹⁴² Eine Luxation führt in den meisten Fällen (95 % nach Burks¹⁸) zu einer Überdehnung oder Ruptur des MPFL und/oder des medialen Retinakulumkomplexes.^{120, 122}

Da mehrere Faktoren auf die patellofemorale Stabilität Einfluss nehmen, können die Ursachen der patellofemorale Instabilität (PFI) vielfältig sein. Man geht davon aus, dass pathologische Veränderungen des statischen und/oder passiven Apparates vorhanden sein müssen, damit es abgesehen von Hochgeschwindigkeitstraumen zu einer Luxation kommt.^{55, 67, 150} Entwicklungsbedingte Formabweichungen der Gelenkmorphologie sowie des passiven Apparates sind dabei wesentlich bedeutsamer als traumatische Veränderungen. Prädisponierende Faktoren wie Genu valgum, Trochleadysplasie, Patella alta, vermehrte Femurrotation, vermehrte Tibia-Außenrotation, generalisierte Bandlaxizität und junge übergewichtige weibliche Patienten werden einheitlich in der Literatur angegeben.^{11, 18, 21, 57, 70, 152, 153}

Natürlich können auch erworbene Veränderungen wie eine Lähmung oder Atrophie des M. vastus medialis, Gelenkdeformitäten nach Trauma oder Infektion, posttraumatische Lockerung des medialen Retinakulums oder Tumoren eine Luxationsneigung begünstigen. Verschiedene Systemerkrankungen wie Ehlers-Danlos-Syndrom, Arthrogrypose, Nagel-Patella-, Marfan- oder Down-Syndrom können ebenfalls mit einer Patellaluxation einhergehen.^{39, 145}

1.1.2 Formen der Patellaluxation

Prinzipiell werden erworben traumatische von anlagebedingten atraumatischen Luxationen unterschieden.

Die **traumatische Form** ist meistens Folge eines direkten medialen Anpralltraumas, wobei die Luxation immer nach lateral erfolgt. Typisch für diese Luxationsform sind starke Schmerzen und Bildung eines Hämarthros mit folgender Flexionsstellung des Kniegelenkes. Die Patella reponiert oftmals unmittelbar spontan durch reflektorische Quadricepsanspannung. Hierbei kann es zu einer Abscherfraktur an der lateralen Femurkondyle oder an der medialen Patellafacette kommen, einer sogenannten Flake-Fraktur. Traumatische Erstluxationen treten meist bei Jugendlichen im Alter von 10 - 20 Jahren auf, wobei männliche Patienten überwiegen. In bis zu drei Viertel der Fälle bleibt sie klinisch inapparent.^{45, 68, 112, 121, 140, 158}

Kommt es aufgrund einer traumatischen Erstluxation zu einer persistierenden Instabilität mit Luxationsneigung, handelt es sich um eine **chronisch rezidivierende Patellaluxation**. Jedes weitere Ereignis ist ebenfalls stark schmerzhaft und hat einen Gelenkerguss sowie teilweise auch eine Giving way Symptomatik zur Folge.

Die **habituelle atraumatische Form** zeichnet sich durch Subluxationen und Luxationen aus, die schon bei alltäglichen Bewegungen ohne adäquates Trauma auftreten. Dabei luxiert die Patella beim Übergang von leichter Flexion nach Extension meistens nach lateral ohne wesentliche Beschwerden und kann selbständig reponiert werden. Hier kommt es nur gelegentlich zu einem dezenten Gelenkerguss. Die Luxationen treten in Abständen von Jahren bis mehrmals täglich auf. Es kommt dabei zu immer häufigeren und leichteren Wiederholungen. Die habituelle Luxation tritt in 60 - 90 % insbesondere bei Mädchen und jungen Frauen auf. Eine familiäre Häufung wird dabei ebenfalls beobachtet.^{9, 10, 57, 93} Bisher ist bekannt, dass eine Trochleadysplasie wohl X-chromosomal vererbbar ist, während es bei der Dysplasie oder Ruptur des MPFL keine Hinweise daraufhin gibt.¹⁴⁷

Als Rarität ist die **angeborene oder kongenitale Patellaluxation** anzusehen, die meist beidseitig und im Zusammenhang mit einer Systemkrankheit des Bewegungsapparates mit weiteren Deformitäten auftritt. Sie wird oft erst im 3. - 4. Lebensjahr diagnostiziert, da nach unauffälligem Gehbeginn lange Zeit ein physiologisches Gangbild bestehen kann.^{78, 145}

1.2 Faktoren der patellofemorale Stabilität

Die Stabilität und folglich auch Funktion des patellofemorale Gelenkes wird durch eine komplexe Interaktion mehrerer Strukturen gewährleistet. Sie lassen sich in aktive, statische und passive Faktoren untergliedern.^{29, 133}

1.2.1 Aktive Faktoren

Unter aktiven Faktoren versteht man die Muskeln des Quadriceps, speziell der M. vastus medialis obliquus (VMO), der einer Lateralisation entgegenwirken soll. Anatomisch ist die Patella zur Instabilität nach lateral prädisponiert. Ursächlich ist der Q-Winkel (Quadriceps-Winkel), der aus dem Gesamtvektor des M. quadriceps mit dem der Patellarsehne gebildet wird. Dieser Winkel dient vor allem der Bestimmung des auf das patellofemorale Gelenk ausgeübten Valgus-Momentes. Im Mittel beträgt er bei Männern $14^\circ \pm 3^\circ$, bei Frauen hingegen ist er aufgrund der breiteren Beckenkonfiguration mit $17^\circ \pm 3^\circ$ etwas größer. Der Winkel sollte nicht größer als 20° sein.⁶¹ Je größer dieser Winkel ist, desto größer ist die lateralisierende Kraft auf die Patella. Es ist jedoch zu beachten, dass ein vergrößerter Winkel nicht unbedingt mit

einer patellofemorale Symptomatik einhergeht. Außerdem ist er schwer reliabel, da der Q-Winkel von mehreren Faktoren abhängig ist. In Rückenlage ist er kleiner als im Stehen, während er durch Innenrotation und Pronation des Fußes vergrößert wird. Zum anderen hängt er vom Flexionsgrad des Kniegelenks ab, wobei er in voller Extension am größten und in 90° Flexion am kleinsten ist.⁷⁷

Der Anteil des VMO an der Stabilisation der Patella ist zwischenzeitlich jedoch umstritten. Betrachtet man den VMO-Vektor während Flexion, stellt man fest, dass er erst ab einer Flexion von 60° eine stabilisierende Wirkung in der Transversalebene entwickelt, die in 90° am größten ist. Hier ist die Patella aber schon in die Notch eingetaucht und somit auch bei Vorhandensein einer Trochleadysplasie nicht mehr von der Muskulatur abhängig.^{4, 52} In extensionsnahen Positionen übt er bei physiologischer Trochlea lediglich einen anteroposterioren Anpressdruck aus. In einer in-vivo Studie konnte gezeigt werden, dass der Quadricepsvektor die Patella nur in Flexion in der Trochlea stabilisieren kann, während er sie extensionsnah lateralisiert.¹¹⁷

Zudem ist ein Muskel nicht darauf ausgelegt passive oder statische Faktoren zu kompensieren. Selbst wenn die Muskeln so ausgerichtet sind, die Patella in der Trochlea zu zentrieren, müssten sie aktiviert werden, denn der Faserverlauf alleine verhindert keine Lateralisierung.

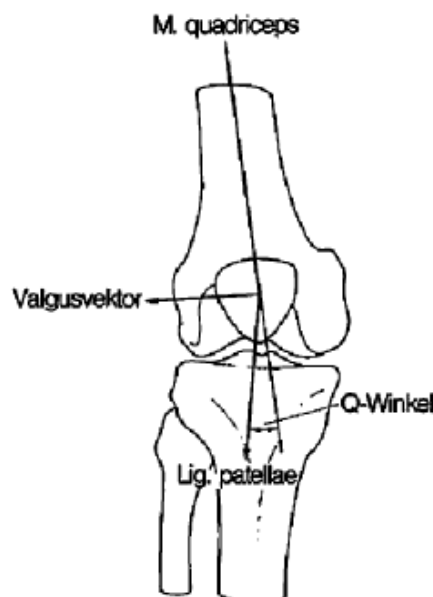


Abb. 3: Bestimmung des Q-Winkels¹¹¹

1.2.2 Statische Faktoren

Die Geometrie des patellofemorales Gelenks, insbesondere die Morphologie der Trochlea sowie die Femurachsen werden den statischen Faktoren zugeordnet.⁵ Insbesondere besitzt die laterale Facette der Trochlea eine stabilisierende Funktion. Sie stellt eine anatomische Barriere gegen den auf die Patella wirkenden lateralisierenden Quadricepsvektor dar.

Entscheidend für das Ausmaß der stabilisierenden Wirkung der Trochlea ist der Flexionsgrad des Kniegelenks. In voller Extension befindet sich die Patella proximal des trochleären Gleitlagers. Deswegen nimmt die Trochlea hier keinen Einfluss auf die Patellaführung und -stabilität. In zunehmender Flexion, frühestens ab 20°, sinkt die Patella bei normaler Morphologie in die Trochlea ein und wird dadurch nach lateral hin stabilisiert. Bei Vorhandensein einer Dysplasie nimmt die Trochlea eine flache oder sogar konvexe Form an, das zu einem Fehlen des trochleären Gleitlagers und folglich auch der lateralen Barriere führt. Entsprechend wurde bei bis zu 96 % der Patienten mit einer patellofemorales Instabilität eine begleitende Trochleadysplasie diagnostiziert - im Vergleich zu geschätzten < 2% in der Gesamtbevölkerung.³³ Daher gilt die Trochleadysplasie als einer der Hauptrisikofaktoren.^{16, 37} Eine weitere Folge der Dysplasie ist folglich die „Patella alta“, eine zu hoch stehende Patella. Aufgrund der Dysplasie mit einer flachen oder sogar konvexen Trochlea kann die Patella in Flexion nicht in das fehlende Gleitlager einsinken und die laterale anatomische Barriere ist durch die Dysplasie nicht oder nur noch minimal vorhanden. Dadurch wird die Patella nach proximolateral geschoben. Ferner kommt es bei gleichbleibendem Quadricepsvektor zu einem erhöhten patellaren Tilt (Kippung) und Shift (Seitverschiebung) aufgrund der fehlenden lateralen Barriere.^{22, 88}

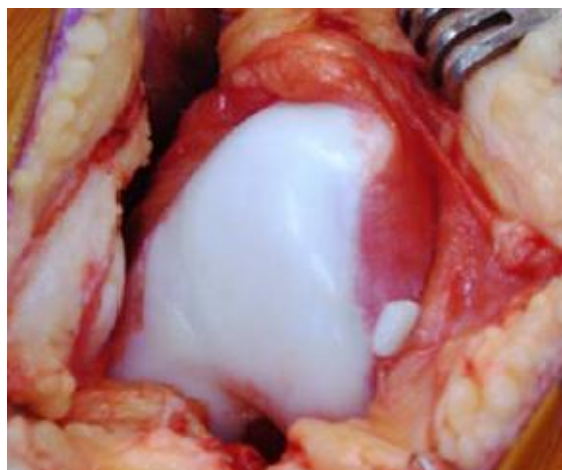


Abb. 4: Bild einer Trochleadysplasie

Veränderungen der Femurachsen wie z.B. bei valgischer Kniegelenksachse oder auch bei einer vermehrten Innenrotation des Femurs können die stabilisierende Wirkung aufheben. Beides führt zu einer Medialisierung der Trochlea und somit des patellaren Gleitlagers, ohne die Patella direkt zu beeinflussen. Das bedeutet, dass die Patella zwar im Zentrum der mechanischen Achse zwischen Hüftkopf und Sprunggelenk liegt, jedoch auf Höhe des Kniegelenks lateral der Trochlea steht.^{53, 116}

1.2.3 Passive Faktoren

Neben den statischen Faktoren sind die medialen passiven Stabilisatoren wesentlich für die patellofemorale Stabilität verantwortlich. Als wichtigster passiver Stabilisator gilt das MPFL.^{6, 134}

In strecknahen Kniepositionen ist das MPFL die einzige Struktur, die der lateralisierenden Kraft des Quadriceps entgegenwirken kann, da hier die stabilisierende Komponente der Trochlea fehlt.^{133, 138}

Biomechanische Studien konnten demonstrieren, dass das MPFL den größten Anteil mit bis zu 90 % der medialen Strukturen am Widerstand gegen die Patellalateralisierung zwischen 0° - 30° Knieflexion trägt.^{67, 138} Mehrere klinische und radiologische Studien konnten zudem zeigen, dass das MPFL nach erstmaliger Patellaluxation in mehr als 90 % der Fälle rupturiert oder zumindest pathologisch verändert ist.³⁸ Eine Ruptur oder Insuffizienz des MPFL wird deswegen als die essentielle Pathomorphologie angesehen, ohne die eine Luxation nahezu unmöglich ist. Darüber hinaus konnte bei chronischen bzw. rezidivierenden Luxationen eine Dysplasie des MPFL nachgewiesen werden.¹⁰² Hierbei wird angenommen, dass eine Trochleadysplasie zu einer Insuffizienz des MPFL führt, da die Patella von Kindheit an in einer proximolateralisierten Position liegt und sie nicht in die Trochlea einsinken kann. Somit kann sich das MPFL nicht adäquat entwickeln, da es unter einem andauernden Zug steht.¹⁴

Die lateralen patellofemorale Band- und Kapselstrukturen haben für die Stabilität des patellofemorale Gelenkes eine verhältnismäßig untergeordnete Bedeutung. Sie besitzen aber immerhin einen Anteil von etwa 10 % am Widerstand gegen die Patellalateralisierung.³⁸ Während früher davon ausgegangen wurde, dass die Patellalateralisierung auf ein zu straff gespanntes laterales Retinakulum zurück zu führen ist. Heute muss aufgrund biomechanischer Studien davon ausgegangen werden, dass das laterale Retinakulum bei medialer Insuffizienz als letzte Barriere

gegen die Luxation dient und eine Durchtrennung zu einer zusätzlichen Destabilisierung führt.

1.2.4 Das Zusammenspiel der stabilisierenden Faktoren

Der Einfluss der verschiedenen Faktoren hängt vom jeweiligen Flexionsgrad des Kniegelenks ab.¹³³ Während zwischen 0° - 20° Flexion die passiven Stabilisatoren, v.a. das MPFL, hauptverantwortlich sind, kommt zwischen 20° und 60° Flexion zusätzlich die statischen Komponenten ins Spiel, da nun die Patella in die Trochlea eingleitet. Hingegen kommen die aktiven Faktoren, wenn überhaupt, erst bei stärkerer Flexion zum Tragen, wenn die Patella schon vollständig von der Notch geführt wird.

Zusammenfassend wird auch davon ausgegangen, dass die statischen und/oder passiven stabilisierenden Faktoren pathologisch verändert sein müssen, damit es abgesehen von einem Hochrasanztrauma zu einer Luxation kommt.^{55, 67}

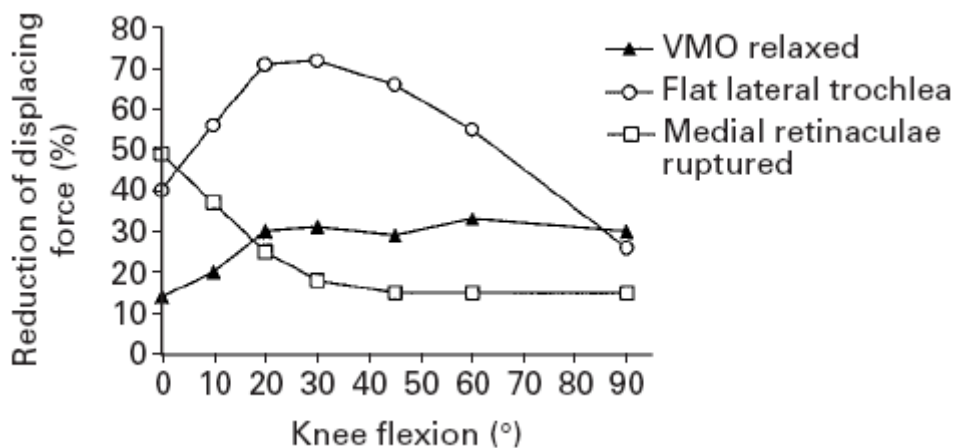


Abb. 5: Stabilisierende Faktoren abhängig vom Flexionsgrad¹³³

1.3 Therapeutische Interventionen der Patellaluxation

Während bei der klinischen Untersuchung vor allem geprüft wird, in welchen Flexionsgraden die Patella instabil ist, kann mit Hilfe der Magnetresonanztomographie (MRT) speziell die Trochleamorphologie, der Weichteilapparat und Knorpelstatus begutachtet werden. In Zusammenhang mit der

Anamnese wird dann über die weitere konservative oder operative Behandlung entschieden.

1.3.1 Bisherige Therapieverfahren zur Patellastabilisierung

Nach fast jeder Erstluxation kann primär eine konservative Therapie eingeleitet werden. Neben Kühlung, Physiotherapie und eventueller antiinflammatorischer Medikamente sollte unbedingt eine Ruhigstellung in 20° Knieflexion für eine Woche erfolgen. In den nächsten zwei Wochen sollte eine Hartrahmenorthese mit einem Bewegungsausmaß von F/E 60/20/0 eingerichtet werden. In der 4. - 6. Woche nach der Luxation kann das Bewegungsausmaß auf F/E 90/10/0 mit anschließend freier Beweglichkeit gesteigert werden. Nach diesen 6 Wochen sollte eine Kontrolluntersuchung zur weiteren Therapieplanung stattfinden.¹²³

Es ist jedoch zu bedenken, dass eine alleinige konservative Therapie die Ursache einer Luxation, wie z.B. bei Vorhandensein einer Trochleadysplasie, nicht beheben kann. Dementsprechend werden Reluxationsraten nach initialer Patellaluxation in der Literatur zwischen 14 % - 86 % angegeben.^{9, 19, 27, 68, 94, 142} In einer Studie, bei der Patienten konservativ ohne Immobilisation behandelt wurden, konnten zwar 76 % der Patienten wieder Sport ausüben, jedoch traten bei 63 % der Betroffenen Reluxationen auf. Nur die Hälfte der Patienten berichtete über eine subjektive Verbesserung des Befindens. Ein vorderer Knieschmerz entwickelte sich nach durchschnittlich zwei Jahren bei 30% - 50% der Patienten.^{8, 70}

Aus diesen Gründen besteht heute eine deutliche Tendenz zur operativen Versorgung, um früharthrotischen Veränderungen bei chronischer patellofemorale Instabilität vorzubeugen und damit Spätfolgen zu vermeiden.

Ziel eines jeden operativen Eingriffes sollte es sein, die patellofemorale Stabilität mit einem schmerzfreien patellofemorale Gelenk wiederherzustellen, ohne eine Veränderung der Physiologie und somit Kinematik herbeizuführen.

Über 150 verschiedene Eingriffe sind seit Einführung der patellofemorale Chirurgie beschrieben worden. Diese Vielzahl an Eingriffen deutet aber darauf hin, dass die bisherigen Ergebnisse noch nicht zufriedenstellend sind.

Entsprechend den stabilisierenden Faktoren des patellofemorales Gelenkes gibt es verschiedene Therapieansätze. Bisherige und immer noch weit verbreitete Operationen zur Behandlung der Instabilität sind die mediale Raffung, das „Lateral Release“ und der Tuberositas-Transfer. Betrachtet man jedoch die anatomische Morphologie und Pathomorphologie, so adressieren diese Eingriffe in den meisten Fällen nicht die Ursache der Luxationen. Zudem wurden Begleitpathologien wie Trochleadysplasie, positives Apprehension sign auf der Gegenseite, Alter bei Erstluxation (< 14 Jahre), Familienanamnese, Rotationsfehlstellungen etc. nicht berücksichtigt. Man geht davon aus, dass es bei Patienten mit einer solchen Prädisposition ohne adäquate Therapie in bis zu 86 % zu Reluxationen kommt.^{19, 62}

Der *Tuberositastransfer* ist immer noch ein gängiges Verfahren, bei dem die Zugrichtung und auch Länge des Quadriceps durch eine Versetzung der Tuberositas tibiae verändert werden.^{1, 17} Bei diesem Eingriff wird davon ausgegangen, dass das Alignment des Extensormechanismus bestimmt, ob die Quadricepsvektoren der Patella ein Eingleiten in die Trochlea ermöglichen oder sie nach lateral aus der Trochlea ziehen. Durch diese Straffung und Realignment des Extensorenzuges möchte man eine Verringerung des Q-Winkels und TTTG-Abstands erlangen, sodass die Patella bei Quadricepskontraktion in die Trochlea zurückgeführt und die Luxationstendenz reduziert wird. Jedoch erzielt man mit diesem Eingriff nur einen bedingten Einfluss auf die Stabilität, da die Quadricepsvektoren strecknah keine stabilisierende Funktion haben.^{1, 17}



Abb. 6: Tuberositasversatz



Abb. 7: Fixierung der Tuberositas

Zudem kann der Verlauf der Faserrichtung des VMO nicht verändert werden und der Streckapparat fängt erst ab 60° Flexion an, die Verschiebung in der

Transversalebene zu limitieren. Somit können die tatsächlichen Ursachen der Instabilität, wie z.B. bei Vorhandensein einer statischen oder passiven Insuffizienz, durch diese Operationsmethode in den meisten Fällen nicht alleine korrigiert werden. Dadurch lässt sich eine Patellastabilität von nur 65 % nach diesem Eingriff erklären.¹⁷ Diese Methode ist zudem häufig mit einem postoperativ auftretenden patellofemoralem Schmerzsyndrom verbunden. Durch das veränderte Alignment wird die Patella per se und zusätzlich bei Kontraktion des M. quadriceps femoris mit erhöhtem Druck gegen die mediale femorale Gelenkfläche gepresst. Dadurch kann es zu einem erhöhten patellofemoralem Anpressdruck und somit zu Schmerzen sowie zu früharthrotischen Veränderungen kommen. Bei zusätzlicher Verkürzung des Quadriceps, z.B. bei einem schlechten Dehnungszustand, kann die patellofemorale Druckerhöhung und Schmerzsymptomatik zudem getriggert werden.^{41, 46, 47, 115, 137}

Darüber hinaus kann eine normal alignierte Patella bei intakten passiven Stabilisatoren nicht luxieren.^{55, 67} Zudem fehlen bis heute Angaben, wie groß das Malalignment sein muss, damit eine Patella bei intakten passiven Stabilisatoren luxiert. Es wurde lediglich ein Zusammenhang mit einem TTTG-Abstand von mehr als 20 mm und einer erhöhten Luxationsrate gefunden.^{37, 41} In solchen Fällen kann ein Transfer als Kombinationseingriff in Erwägung gezogen werden.

Bei der *medialen Raffung* wird ebenfalls der aktive Apparat adressiert. Dabei wird das mediale Retinakulum einschließlich M. vastus medialis abgetrennt und im Anschluss auf der Patella vernäht.



Abb. 8: VMO-Raffung

Hierdurch soll eine Umlenkung der Zugrichtung erreicht werden. Betrachtet man diese Operation jedoch aus biomechanischer Sicht, so wird die Patella durch diesen Eingriff proximalisiert und sogar lateralisiert. Folglich kommt es bei einer Flexion über 60° zu einem erhöhten patellofemoralem Anpressdruck, was zu Schmerzen führen kann. Zudem ist dieser Eingriff per se äußerst schmerzhaft und oftmals werden zur Fixierung des M. vastus medialis am Patellaperiost nicht resorbierbare Fäden verwendet. Dies kann zusätzlich zu einer deutlichen Schmerzzunahme und zu subkutanen Fremdkörperreaktionen führen.

Des Weiteren sollte nicht vergessen werden, dass der Faserverlauf des VMO nicht verändert werden kann und eine medialisierende Wirkung auch nach Versatz erst ab 60° auftritt.^{58, 83}

Ein weiterer Eingriff ist das *Lateral Release*, das darauf abzielt, einen zu hohen Zug des lateralen Retinakulums und damit eine lateralisierende Komponente auf die Patella zu vermindern. Diese Operationsmethode kann offen, arthroskopisch oder durch eine Mini-open-Inzision durchgeführt werden.⁸⁹



Abb. 9: Lateral Release

Man muss jedoch bedenken, dass das Lateral Release keinen Einfluss auf die Patellastabilität nimmt. In einem bereits instabilen Gelenk kann es durch die Durchführung dieses Eingriffes nicht nur zu einer zusätzlichen medialen^{73, 110}, sondern auch zu einer vermehrten lateralen Instabilität aufgrund geschwächter oder fehlender lateraler Begrenzung kommen.^{26, 56, 97} Oftmals wird anstelle einer teilweisen Lockerung des Retinakulums in Längsrichtung bis weit in den proximalen Tractus iliotibialis durchtrennt. In Folge dessen können im weiteren Verlauf

Vernarbungen zwischen M. vastus lateralis und Tractus iliotibialis entstehen. Dies kann zu einer Verhärtung im Ansatzbereich des Tractus iliotibialis an der lateralen Patellafacette und zu einer unphysiologischen Zugrichtung nach proximolateral führen. Folglich kann sich ein erhöhter medialer patellofemorale Druck und damit Schmerzen im proximolateralen Patellofemoralgelenk entwickeln. Da die protektive Funktion nach einem Lateral Release aufgehoben ist, lässt sich oft auch ein Palpationsschmerz im lateralen Gelenkspalt auslösen.^{56, 89, 154}

1.3.2 Rekonstruktion des MPFL

Zwischenzeitlich konnte in einigen klinischen und biomechanischen Studien der entscheidende und erfolgversprechende Vorteil der MPFL-Rekonstruktion gegenüber den bisher durchgeführten Eingriffen am Streckapparat bei niedriggradiger Trochleadysplasie sowie normalem TTTG-Abstand gezeigt werden.^{32, 44, 48, 105}

Die Patellaluxation tritt in den meisten Fällen extensionsnah auf. In dieser Knieposition befindet sich die Patella proximal der Trochlea und hat somit kein knöchernes Widerlager. Demzufolge ist die Widerstandskraft gegen eine Patellalateralisation in dieser Stellung am geringsten. Da das MPFL die einzige Struktur ist, die einer Luxation in Streckstellung des Kniegelenkes entgegenwirken kann, kommt der Rekonstruktion dieses Ligaments die wichtigste Bedeutung zur Wiederherstellung der patellofemorale Stabilität zu. Dabei wird unter Verwendung eines autologen Sehnentransplantats die Rekonstruktion durchgeführt.

Mehrere Studien konnten gute bis sehr gute Ergebnisse mit einer postoperativen Patellastabilität zwischen 83 % - 100 % nachweisen.^{30, 44, 48, 63, 127} Bei konvexer Trochlea hat diese Operationstechnik jedoch eine Versagensrate von bis zu 20 %.

Heutzutage ist dieser Eingriff als Mittel der Wahl bei niedriggradiger Trochleadysplasie anerkannt.

1.3.3 Neue, stabilisierende Kombinationseingriffe der MPFL-Rekonstruktion

Bisher sehr seltene und nur in hochspezialisierten Zentren durchgeführte, jedoch äußerst effektive Kombinationseingriffe zur MPFL-Rekonstruktion bei einer patellofemorale Instabilität Grad II (positives Apprehension sign zwischen 20° - 60°)

oder Grad III (positives Apprehension sign $> 60^\circ$) sind die Trochleoplastik sowie die suprakondyläre Umstellungsosteotomie.

Die *Trochleoplastik* wird bei Patienten mit einer höhergradigen Trochleadysplasie und einem positiven Apprehension sign über 40° durchgeführt. Diese Technik wurde erstmals von Albee 1915 beschrieben.

Bei dem Operationsverfahren nach Bereiter und Gautier¹⁴ wird nach parapatellarer lateraler Arthrotomie die Trochlea freigelegt, indem man die Patella nach medial abkippt. Nach Abheben einer Knorpelknorpelschuppe von der Trochlea wird diese im Anschluss so modelliert, dass eine Vertiefung der trochleären Grube entsteht. Dadurch wird ein physiologisches Gleitlager mit einem lateral ansteigenden Widerlager erzielt. Die Knorpelknorpelschuppe wird in diese Grube adaptiert und der neu geformten Trochlea angepasst. Abschließend erfolgt die Refixation des Knorpels an die Femurkondylen mittels Vicrylbänder.

In mehreren Studien konnte gezeigt werden, dass durch diesen Eingriff die Femurmorphologie wiederhergestellt werden konnte.^{126, 155}

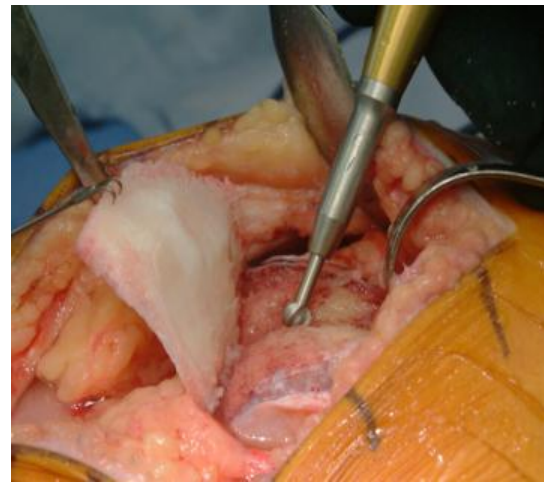
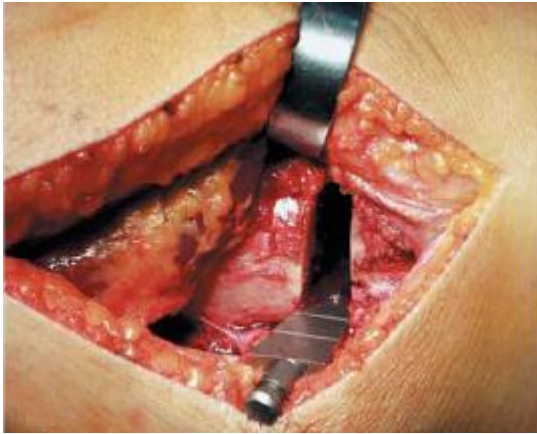
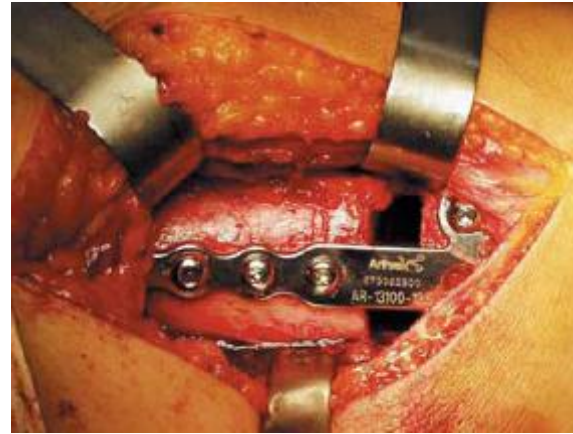


Abb. 10: Abhebung Knorpelknorpelschuppe **Abb. 11: Modellierung einer trochleären Grube**

Bei einer patellofemorale Instabilität Grad III mit einer Valgus- und Innenrotationsfehlstellung sollte eine *suprakondyläre Umstellungsosteotomie* in Betracht gezogen werden. Diese OP sollte jedoch erst nach Abschluss des epiphysären Wachstums stattfinden.

Ein entscheidender Punkt der Operation liegt darin, die Osteotomie auf Höhe der Femurmetaphyse aufzuklappen und die (Valgus-und/oder) Innenrotationsfehlstellung um den jeweiligen Winkel zu korrigieren.⁵⁹ Dies wird abschließend mit einer Platte fixiert. Hierdurch wird erzielt, dass die Patella nicht mehr lateral der Trochlea liegt, sondern eine regelrechte Anatomie und Patellaführung wiedererlangt wird.

Abb. 12: Bestimmung des Korrekturwinkels⁵⁹Abb. 13: Fixierung mit einer Platte⁵⁹

Ein weiterer, noch sehr selten durchgeführter Eingriff ist der *laterale Kulissenverschluss*. Dieser ist bei Patienten mit nicht nur lateraler sondern auch vermehrter medialer bis zu multidirektionaler Instabilität und lateraler, evtl. stark schmerzhafter „softness“ nach vorangegangenem ausgeprägten Lateral Release indiziert. Dabei werden unter Anwendung einer kaudokranieler Schnitfführung die einzelnen, miteinander vernarbten Strukturen des Tractus iliotibialis, der lateralen Kapsel und des M. vastus lateralis voneinander getrennt und freipräpariert. Nach weiterer Separation in patellare und femorale Richtung werden diese zwei Schichten entsprechend ihrer ursprünglichen Anatomie von innen nach außen einzeln vernäht. Dies sollte von proximal nach distal in 30° Knieflexion erfolgen, damit ein zu straffer Verschluss verhindert wird. Der laterale Kulissenverschluss kann mit der MPFL-Rekonstruktion kombiniert werden.

1.4 Anatomie und Biomechanik

Das Kniegelenk, *Articulatio genus*, ist das größte und am meisten exponierte Gelenk des menschlichen Körpers. Es ist ein zusammengesetztes Gelenk, in dem das Femorotibialgelenk und das Femoropatellargelenk miteinander artikulieren und eine funktionelle Einheit bilden.

1.4.1 Anatomie und Biomechanik des patellofemorales Gelenkes

Im patellofemorales Gelenk artikuliert die knorpelüberzogene keilförmige Rückfläche der Patella, *Facies articularis patellae*, mit der Führungsrinne des Femurs, *Facies patellaris ossis femoris*.

Die *Facies patellaris femoris*, oder auch *Trochlea femoris*, ist der nach vorne weisende Teil der Gelenkfläche des distalen Femur. Die mediale und laterale Facette der *Trochlea* bilden gemeinsam einen von Gelenkknorpel überzogenen *Sulcus*. Dieser dient der *Patella* als Gleit- oder Führungsrinne während der Knieflexion. Die knorpeligen Anteile der *Trochlea* stehen in direkter Verbindung zu den Gelenkflächen der medialen und lateralen Femurkondylen. Der durch die Facetten gebildete trochleäre Winkel beträgt nach Aglietti et al.² $137^\circ \pm 8^\circ$. Mechanisch gilt dieses Gleitlager als der am stärksten belastete Teil des Kniegelenkes.

Der laterale Kondylus bzw. die laterale Trochleafacette sind etwas ausgedehnter und reichen weiter nach proximal als die kleinere mediale. Dies kann vor einer lateralen Subluxation der *Patella* bei Quadricepsaktivierung schützen. Zudem wird die *Trochlea* von proximal nach distal tiefer, was ebenfalls das Risiko einer Luxation senkt. Ebenso kann die laterale Trochleafacette im Unterschied zur medialen Facette vor allem während der Flexion mehr Druck aufnehmen.

Die *Patella*, als größtes Sesambein des Körpers, ist in die Sehne des *M. quadriceps femoris* eingelagert. Die proximalen Sehnenfasern des *Quadriceps* konvergieren zur *Patella* und überkreuzen sich teilweise. Die Fortsetzung dieser Fasern verlassen die *Apex patellae* als *Lig. patellae*. Dieses inseriert an der *Tuberositas tibiae*.

Die *Patella* hat eine dreieckige Form mit einem distal gelegenen *Apex* und einer proximal liegenden *Basis*. Die Rückfläche, *Facies articularis*, besitzt die dickste Knorpelschicht von allen Gelenken und artikuliert mit den Femurkondylen. In der Mitte der *Patella* hebt sich ein vertikaler First ab, der die Gelenkflächen in eine kleinere flache oder konvexe mediale Facette und in eine größere, leicht konkave laterale Facette unterteilt. Die mediale Facette weist an ihrem medialen Rand häufig eine nach vorne abgewinkelte Nebenfacette auf, die sogenannte *Odd-Facette*. Diese artikuliert nur in starker Flexion $\geq 90^\circ$ mit dem medialen Femurkondylus und besitzt ansonsten keine tragende Funktion.

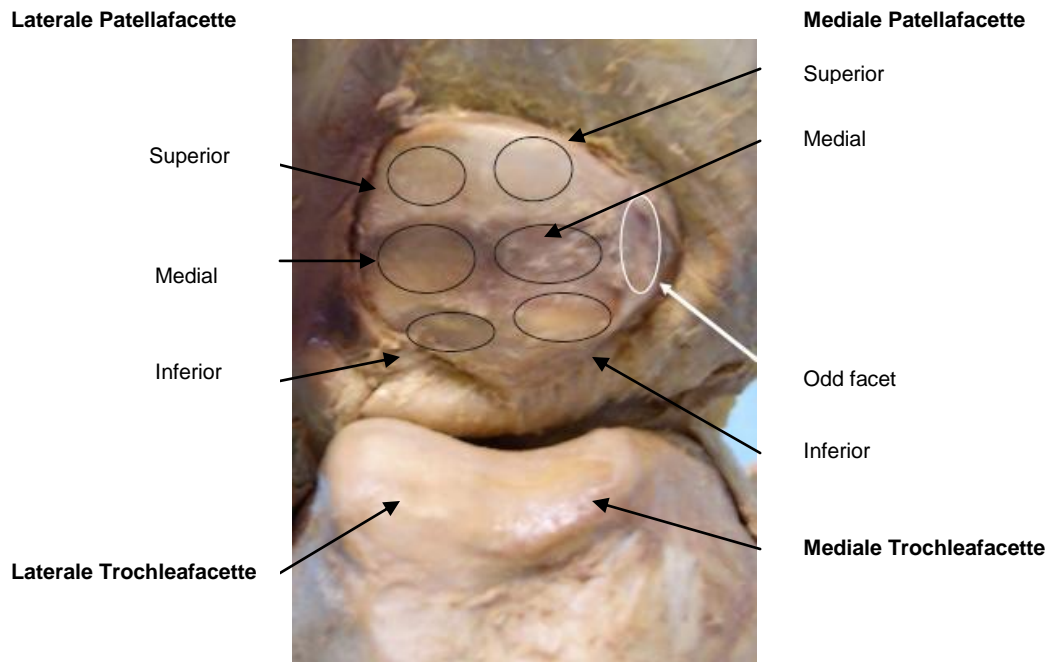


Abb. 14: Anatomische Darstellung des patellofemorales Gelenkes¹⁴⁸

Die Patella bildet das Zentrum vieler statischer und dynamischer Kräfte. Der vierköpfige Musculus quadriceps femoris mit dem M. vastus medialis, lateralis, intermedius und M. rectus femoris zählen zu den primär aktiven Stabilisatoren.

Aus den Fasern des M. vastus lateralis und aus einigen Fasern des M. rectus femoris bildet sich das Retinaculum patellae laterale. Das Retinaculum patellae mediale entsteht aus Fasern des M. vastus medialis. Eine weitere passive Stabilisierung der Patella wird neben diesen Retinaculae patellae durch Verstärkungen der Gelenkkapsel sowie von Aponeurosen und Faszien gewährleistet.

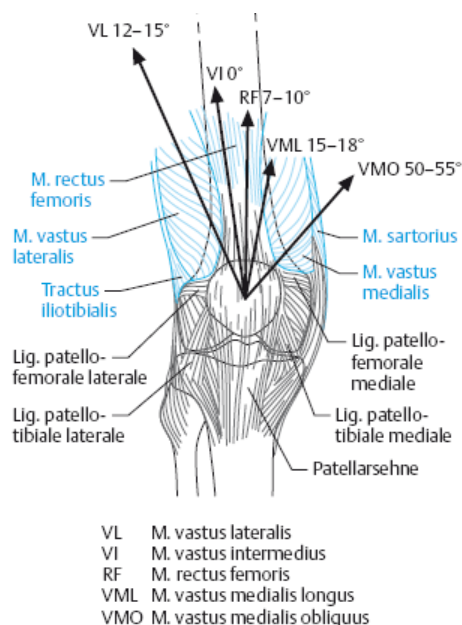


Abb. 15: Darstellung der verschiedenen Stabilisatoren der Patella⁴⁰

Die Patella wirkt als Hypomochlion für die Quadricepssehne. Sie vergrößert den Abstand des Kraftvektors des Quadriceps vom Rotationszentrum des Kniegelenkes und verlängert dadurch den Hebelarm der Streckmuskulatur des Oberschenkels. In Streckung vergrößert die Patella das Quadricepsmoment um 30 %, in 30° Flexion um 15 %. Ohne Patella verliert man 35 % der Streckkraft. Darüber hinaus verringert sie durch ihre Knorpelfläche den Gleitwiderstand der Kniescheibensehne.

Patella und Femurtrochlea artikulieren je nach Gelenkstellung mit einer unterschiedlich großen Kontaktfläche. Im extendierten Kniegelenk liegt die Patella auf dem Recessus suprapatellaris. Lediglich der distale Gelenkrand der Patella tritt mit der Facies patellaris des Femurs in Kontakt. Bei zunehmender Flexion gleitet die Patella auf der Trochlea von proximal nach distal und legt im Verlauf einen Weg von 5 - 7 cm zurück. Im Gegensatz dazu bewegt sich die Kontaktfläche der patellaren Gelenkfläche von distal nach proximal.

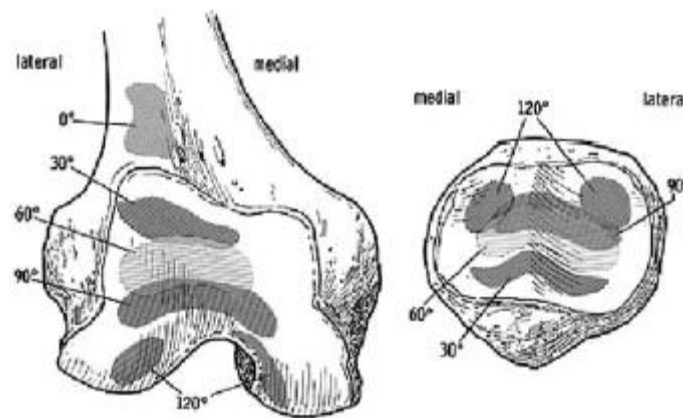


Abb. 16: Kontaktflächen des patellofemorales Gelenkes¹¹¹

Dabei übt die Patella durch Einflüsse aus Quadriceps und Patellarsehne einen Druck auf die Trochlea aus. Dieser patellofemorale Druck, auch PFJRF (patellofemoral joint reaction force) genannt, kann als der resultierende Kraft-Vektor aus dem Vektor des Quadriceps und dem Vektor der Patellarsehne angesehen werden.⁶¹ Beide Vektoren sind in Größe und Richtung abhängig vom jeweiligen Beugezustand des Kniegelenks. In 30° Flexion wirkt die Patellarsehne als eine Art Anker, während in 90° der Quadriceps eine Art Hebelwirkung auf das patellofemorale Gelenk ausübt.⁷²

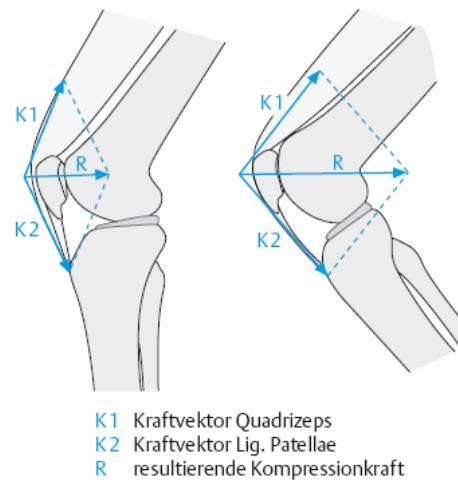


Abb. 17: Patellofemorale Druck⁴⁰

In Studien wurde die Auswirkung der patellofemorale Kontaktfläche und des Druckes in Abhängigkeit des Flexionsgrades untersucht.^{71, 72} Es konnte gezeigt werden, dass sich die Kontaktfläche von 2,6 cm² in 20° Flexion auf bis zu 4,6 cm² in 120° Flexion vergrößert. Zu beachten ist, dass in 120° Flexion die Hinterseite der Quadrizepssehne zusätzlich mit der Femurtrochlea in eine Kontaktfläche mit 3,4 cm² tritt. Der patellofemorale Kontaktdruck vergrößert sich von 2 MPa in 20° Flexion bis zu 4,1 MPa in 60° Flexion und verringert sich dann wieder bis auf 3,5 MPa in 120° Flexion. Der tendofemorale Druck weist in 120° Flexion 1,6 MPa auf. Dies verdeutlicht die essentielle Rolle des tendofemorale Kontakts bei der Reduktion des patellofemorale Druckes.

1.4.2 Anatomie und Biomechanik des MPFL

Die anteromedialen Weichteilstrukturen des Kniegelenkes wurden erstmals von Warren und Marshall¹⁵⁷ in drei Schichten unterteilt. Die erste Schicht enthält das oberflächliche mediale Retinakulum und schließt mit der tiefen Faszie des M. sartorius ab. Das mediale patellofemorale Ligament sowie der oberflächliche Anteil des medialen Collateralbandes verlaufen in der zweiten Schicht. Die Gelenkkapsel bildet die dritte Schicht.^{45, 50, 79, 157}

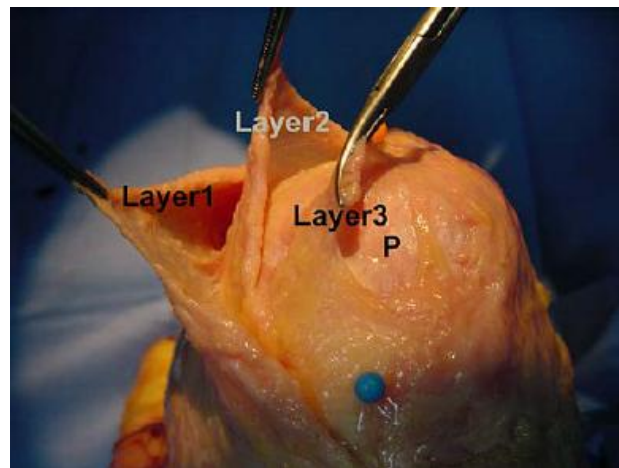


Abb. 18: Anteromediale Schichten des Kniegelenkes⁷

Das MPFL verläuft segelförmig vom medialen Femurkondylus an das mediale Drittel der Patellakante und besitzt eine zweibündelige Struktur mit einem proximalen und distalen Anteil.^{6, 43, 79} Im Durchschnitt hat es eine Länge von 55 mm (45 - 64 mm), eine Breite von 13 mm (8 - 25 mm) und eine Dicke von ca. 0,44 mm.^{6, 103, 108}

Die exakte anatomische femorale Insertionsstelle sowie deren Bedeutung ist unterschiedlich beschrieben und stellt einen großen Diskussionspunkt dar. Sowohl Tuxoe et al.¹⁵¹ als auch Conlan et al.²⁹ berichten über eine gemeinsame Insertionsstelle des MPFL mit dem oberflächlichen medialen Collateralband und dem M. adductor magnus am Tuberculum adductorium. Einen fächerförmigen Ansatz vom Tuberculum adductorium bis hin zu den oberflächlichen Fasern des medialen Collateralbandes beschreiben Desio et al.³⁸ sowie Amis et al.^{5, 6}. Eine der aufwendigsten topographischen Studien hat Nomura¹⁰⁸ dazu durchgeführt. Dieser legte den femoralen Insertionspunkt superoposterior des medialen Epicondylus bzw. posterodistal des Tuberculum adductorium fest.

Die Schwierigkeit in der genauen Lokalisation und Darstellung der femoralen Insertion liegt darin, dass viele verschiedene Strukturen am Epicondylus medialis zusammentreffen. Jedoch besteht die Möglichkeit, die radiologische Landmarke der femoralen Insertion des MPFL nach einer Studie von Schöttle et al.¹³² zu bestimmen. Der patellare Ansatzpunkt des MPFL erstreckt sich entlang der proximalen zweidrittel der medialen Kante der Patella.¹⁵¹ In einigen Fällen wird auch eine Ausdehnung über die gesamte mediale Kante beschrieben.^{6, 143} In diesem Bereich wird das MPFL von distalen Anteilen des VMO überlagert, welcher ebenfalls an der medialen Kante der Patella ansetzt. Zusätzlich strahlen Fasern des MPFL in dessen tiefer liegende Anteile ein. Dadurch kann eine Differenzierung dieser Strukturen v.a. bei

Vorhandensein einer Läsion sehr schwierig sein. In diesen Fällen kann es hilfreich sein durch Palpation einer kleinen dreieckigen Vertiefung die einzelnen Strukturen zu unterscheiden. Dabei bildet der *Musculus vastus medialis obliquus* die medial-proximale Grenze, die distal vom MPFL und lateral von der Sehne des *Musculus adductor magnus* begrenzt wird.

Zu beachten ist, dass sich das MPFL mit 14 - 20 mm am patellaren Anheftungspunkt in femorale Richtung normalerweise deutlich verschmälert. Die Breite der femoralen Insertionsstelle wird mit 10 - 15 mm angegeben. Aufgrund dieses morphologischen und anatomischen Schwachpunktes wird angenommen, dass Verletzungen des MPFL weit häufiger im Bereich der femoralen Insertionsstelle auftreten.^{108, 109} Einige Studien berichten, dass die Rupturstelle in 70 % der Fälle am femoralen Ansatz, in 20 % intraligamentär und in lediglich 10 % am patellaren Ansatz geschieht.^{18, 100} Zudem konnten etliche Studien nachweisen, dass nach einer Erstluxation das MPFL zu mehr als 90 % rupturiert oder zumindest deutlich pathologisch verändert ist.^{18, 38}

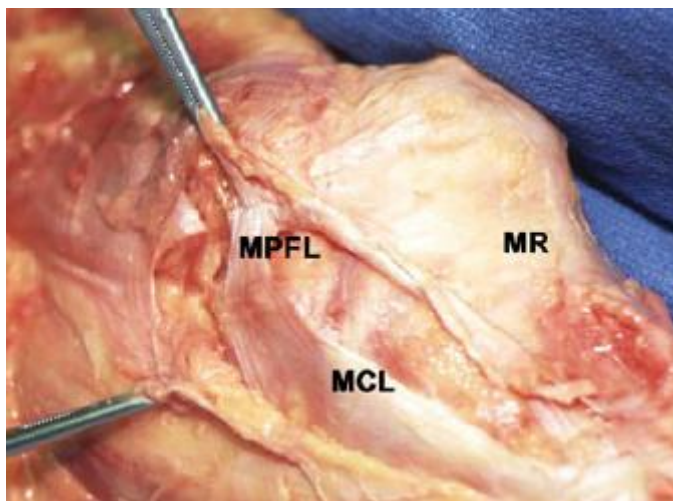


Abb. 19: Anatomie des MPFL¹¹³

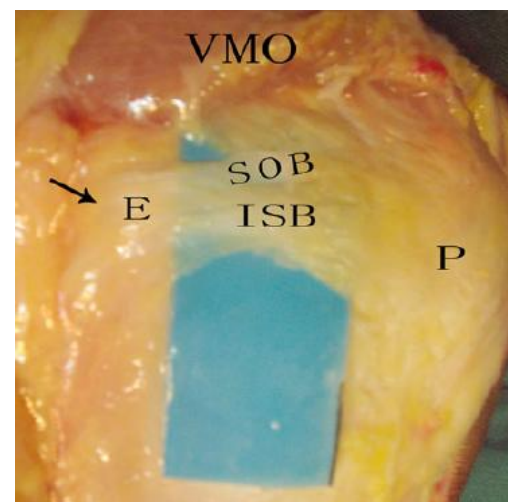


Abb. 20: Zweibündelstruktur des MPFL⁷⁹

Hinsichtlich der biomechanischen Eigenschaften wurden verschiedene Versuche durchgeführt, deren Ziel die Quantifizierung der medialisierenden Kraft des MPFL gegen eine Patellalateralisierung war. Dies ist insofern von Bedeutung, da mehrere Stabilisatoren der lateralisierenden Kraft auf die Patella entgegenwirken.

Nomura et al.¹⁰⁴ maßen in verschiedenen Flexionsgraden die Zunahme an Patellalaxizität nach Durchtrennung des MPFL. Bei minimal gespanntem Quadriceps und einer lateralisierenden Kraft von 10 N auf die Patella konnte diese im intakten Knie um 6 mm, bei durchtrenntem MPFL jedoch um 13 mm lateralisiert werden.

Ähnliche Ergebnisse zeigte eine Studie von Hautamaa et al.⁶⁷, die den Quadriceps mit einer Kraft von 9 N spannten und eine lateralisierende Kraft von 22 N auf die Patella ausübten, während das Kniegelenk 30° gebeugt war. Nach Durchtrennung des MPFL zeigte sich ebenfalls eine Zunahme der Patellalateralisierung von 9 auf 14 mm. Zudem konnten beide Studien veranschaulichen, dass die laterale Patellalaxizität durch Rekonstruktion des MPFL aufgehoben werden kann.

Darüber hinaus weist das MPFL bei physiologischer anterolateraler Zugrichtung eine Versagenskraft von bis zu 208 N auf. Dies ist erstaunlich viel, da es sich um ein verhältnismäßig schmales Band handelt.

Conlan et al.²⁹ testete die Knie in kompletter Extension mit einer die Patella lateralisierenden Kraft ohne Quadricepsanspannung. Hier ging es lediglich um die Untersuchung des medialen Widerstands. Um den jeweiligen Anteil der medialen Strukturen exakt zu bestimmen, wurden in mehreren Versuchen die einzelnen medialen Strukturen sequentiell durchtrennt. Das MPFL trug mit 53 % den größten Anteil, das Ligamentum patellomeniscale sowie die tiefen medialen Kapselanteile jeweils nur einen Anteil von 22 %. Eine ähnliche Untersuchung zeigte, dass das MPFL 60 % der medialisierenden passiven Kräfte gegenüber einer Patellalateralisierung bei einer Knieflexion von 20° ausmachte.³⁸ Somit kommt dem MPFL eine übergeordnete Rolle in der Stabilisierung des patellofemorales Gelenks zu.

Die mediale und laterale Verschieblichkeit der Patella wurde in Flexionsgraden von 0° - 90° von Senavongse et al.¹³⁴ gemessen. Der Quadriceps wurde mit 175 N angespannt, wobei auf eine physiologische Zugrichtung geachtet wurde. Dabei beobachtete man eine signifikante Differenz zwischen medialen und lateralen Widerständen bei einer vorgegebenen transversalen Patellaverschiebung von 10 mm. Beim intakten Knie war die notwendige Widerstandskraft gegen eine Patellalateralisierung in 20° Flexion mit 74 N am geringsten und bei 0° und 90° mit 125 N am größten. Demgegenüber nahm die Widerstandskraft gegen eine Medialisierung der Patella von 0° - 90° konstant von 147 N auf 238 N zu. Außerdem konnte gezeigt werden, dass die Patella bei angespannter Quadricepsmuskulatur schlechter zu medialisieren ist.

Die Widerstandskräfte gegen eine Patellalateralisierung zwischen intaktem und reseziertem MPFL sind bei 0° und 90° Flexion mit bis zu 60 N Differenz am größten. In Richtung 20° Flexion nimmt diese mit einer Differenz von ca. 20 N stark ab.

Resultierend ist davon auszugehen, dass die medialen passiven Stabilisatoren bei gestrecktem Knie in angespanntem Zustand vorliegen. Bei flektiertem Knie hingegen entspannen diese und üben keine stabilisierende Wirkung aus. Hierbei ist jedoch zu beachten, dass diese von der femoralen Insertionsstelle abhängig ist, worauf bei einer Rekonstruktion des MPFL Rücksicht genommen werden muss, um eine patellofemorale Druckerhöhung in Flexion zu vermeiden. Denn eine Veränderung der femoralen Fixierung um 5 mm kann schon zu einer deutlichen Veränderung der Länge und Spannung des MPFL in größerer Flexion führen, da es sich um ein anatomisches und kein isometrisches Band handelt.^{138, 143}

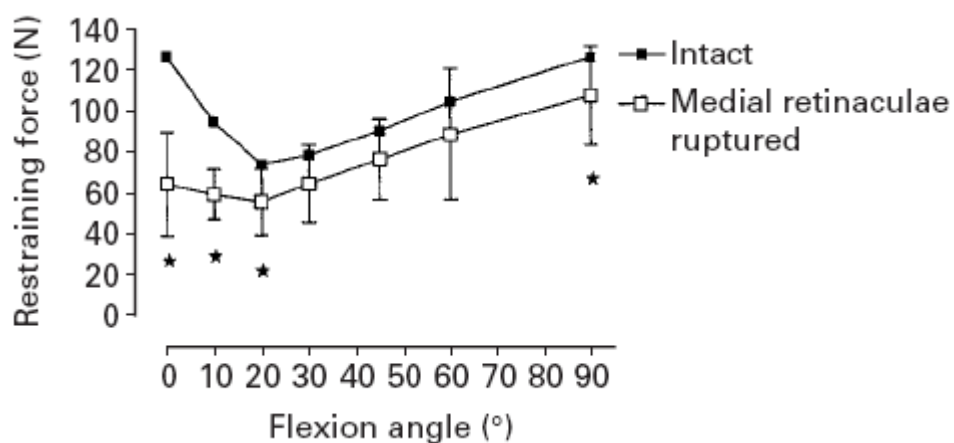


Abb. 21: Biomechanische Wirkung des MPFL¹³³

2 Fragestellung, Zielsetzung und Hypothese der Arbeit

Inzwischen ist die MPFL-Rekonstruktion mit Hilfe eines autologen Sehnentransplantat als chirurgische Intervention zur Patellastabilisierung anerkannt. Jedoch sind trotz des Behandlungserfolges bezüglich der Stabilität und postoperativen Aktivität noch nicht alle Aspekte ausreichend untersucht worden.^{44, 48, 105, 127}

Ziel dieser prospektiven Studie war es daher, alle Patienten die in unserem Institut von einem Operateur in einem vorgegebenen Zeitraum mittels einer MPFL-Rekonstruktion aufgrund einer patellofemorale Instabilität operiert wurden mit einem Follow up von 12 Monaten zu erfassen. Hierzu wurden Kontrolluntersuchungen präoperativ sowie 6 Wochen, 3 Monate, 6 Monate und 12 Monate postoperativ angesetzt. Insbesondere wurden Risikofaktoren und Begleitpathologien wie Alter bei Erstluxation, positives Apprehension der Gegenseite, Trochleadysplasie, Rotationsfehlstellungen, etc., die als prädisponierend für eine patellofemorale Instabilität gelten, berücksichtigt und dokumentiert. Speziell wurde auch auf evtl. Auswirkungen einer Voroperation eingegangen. Ein weiterer Schwerpunkt wurde auf die subjektiv und objektiv messbaren Veränderungen gelegt, die Einfluss auf das postoperative Outcome nehmen können.

Anhand des subjektiven Fragebogens sollen folgende Punkte untersucht werden:

- Bewältigung des alltäglichen Leben
- Nachgehen beruflicher Tätigkeiten
- Stabilität des Kniegelenkes
- Schmerzverlauf
- Sportfähigkeit
- BMI
- Einfluss von Voroperationen
- Beeinträchtigungen im Alltag

Dabei wurde auch immer die gegenwärtige Situation mit dem Zustand vor der primären Patellaluxation bzw. vor der Operation verglichen.

Klinisch standen neben dem Bewegungsausmaß spezifische patellofemorale Tests wie das Apprehension sign und das J-sign im Mittelpunkt.

Radiologisch wurden Faktoren bestimmt, die zum einen durch die MPFL-Rekonstruktion verändert werden können und zum anderen Größen, die auf diese OP-Technik Einfluss nehmen können.

Als durch den Eingriff veränderbare Variable wurden Patellahöhe, Tilt, Shift, femorale Insertion und osteochondrale Verhältnisse betrachtet.

Der TTTG-Abstand soll jeweils präoperativ und postoperativ im Falle einer zusätzlichen Tuberositärückversetzung bei Voroperation gemessen werden.

Ebenso sollten eventuelle degenerative Veränderung und die Rupturstelle des MPFL dokumentiert werden.

Die Trochleadysplasie als einer der häufigsten und wichtigsten statischen Faktoren der patellofemorale Instabilität kann durch eine alleinige MPFL-Rekonstruktion, die lediglich den passiven Apparat adressiert, nicht behoben werden. Bei Vorhandensein einer Trochleadysplasie soll in dieser Arbeit zusätzlich erfasst werden, ob die isolierte MPFL Rekonstruktion zu einer ausreichenden Stabilität führt oder eine zusätzliche Korrektur am statischen Apparat wie z.B. eine Trochleoplastik notwendig ist. Zudem soll untersucht werden, ob Patienten mit einer höhergradigen Trochleadysplasie nach MPFL-Rekonstruktion Schmerzen oder gar eine Früharthrose entwickeln, da die Patella in eine nicht vorhandene Trochlea gezogen wird.

Zu Beginn der Arbeit wurde angenommen, dass die Rekonstruktion des MPFL eine sinnvolle und effektive Methode zur Stabilisierung des patellofemorale Gelenks nach Patellaluxation darstellt. Ebenso wurde davon ausgegangen, dass dieser operative Eingriff zu guten subjektiven, klinischen und radiologischen Ergebnissen sowie einer hohen Stabilität führt.

Zudem wurde angenommen, dass ein Eingriff bei höhergradiger Trochleadysplasie (Typ C oder D nach D. Dejour), die aufgrund erster Degenerationen nicht mit einer Trochleoplastik behandelt werden konnte, wesentlich schlechtere Ergebnisse erzielt sowie nicht dieselbe Stabilität erreicht als bei Patienten ohne oder mit nur geringgradiger Trochleadysplasie. Daher wurde vermutet, dass ein alleiniger Eingriff am passiven Apparat aufgrund des pathologisch veränderten statischen Faktors nicht ausreicht um eine genügende Stabilität zu erzielen.

Als weitere prognostisch ungünstige Faktoren, und daher besonders berücksichtigt, wurden Revisionseingriffe sowie gleichzeitige Knorpelschäden angesehen. Hier

wurde den Voroperationen eine schlechtere Ausgangssituation sowie auch schlechtere Einjahresergebnisse im Vergleich zu Initialeingriffen unterstellt.

3 Material

3.1 Patientengut

Datenbasis bildeten Patienten, die aufgrund einer patellofemorale Instabilität mittels MPFL-Rekonstruktion in der Abteilung und Poliklinik für Sportorthopädie am Klinikum Rechts der Isar München zwischen 02/07 - 05/08 operativ versorgt wurden. Initial konnten 55 Probanden in diese Studie aufgenommen werden. Davon mussten jedoch 7 Patienten ausgeschlossen werden: 4 erhielten einen Kombinationseingriff mit gleichzeitiger Trochleoplastik und in einem Fall wurde 2 Monate postoperativ eine Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes aufgrund eines Traumas durchgeführt. Bei einem Patienten kam es drei Monate postoperativ zu einer traumatischen Ruptur des MPFL-Autografts bei einem adäquaten Sturz beim Sport. Des Weiteren stellte sich ein Patient für diese Studie nicht zur Verfügung. Somit blieben 48 Patienten (31 weibliche und 17 männliche), die mittels einer MPFL-Rekonstruktion aufgrund nachfolgender Kriterien operativ versorgt und in die Studie aufgenommen wurden:

- Persistierendes Instabilitätsgefühl bzw. positives „Apprehension sign“
- Subluxationsstellung der Patella
- Habituelle Luxationen
- Traumatische Luxationen
- Rezidivierende Luxationen
- Erstluxation bei entsprechendem Risikoprofil
- Insuffizientem oder rupturiertem medialen patellofemorale Komplex
- Schmerzsyndrom
- Persistierenden patellofemorale Problemen nach Voroperation

Es wurden sowohl Patienten mit Erst- sowie Revisionseingriffen berücksichtigt. In 23 von 48 Fällen (47,9 %) wurde die MPFL-Rekonstruktion als Ersteingriff durchgeführt. Diese untergliederten sich in 19 isolierte und 4 kombinierte Eingriffe (1x mit suprakondylärer Umstellungsosteotomie, 3x mit Knorpelrefixation). Aufgrund nicht erfolgreicher vorheriger Operationen mussten sich 25 Patienten Revisionseingriffen (52,1 %) unterziehen. 15 Patienten berichteten über eine Voroperation, 5 über 2

vorherige Eingriffe, 2 über 3 Voroperationen und 3 Fälle hatten bis zu 12 Voroperationen. Diese beinhalteten Lateral Release (18x), VMO Raffung (20x) und Medialisierung der Tuberositas tibiae (5x), die auch in Kombination miteinander gemacht wurden. Bei den Revisionseingriffen musste je nach vorliegender Pathologie ein lateraler Kulissenverschluss bei zusätzlicher medialer oder multidirektionaler Instabilität oder aufgrund starker Schmerzen im Bereich des Lateral Release durchgeführt werden. Ein VMO Release wurde im Falle eines schmerzhaften Maltracking aufgrund unphysiologischer Raffung gemacht. Eine Rückversetzung der Tuberositas nach lateral wurde bei Patienten mit einem TTTG-Abstand < 10 mm und einem medialen patellofemoralem Schmerzsyndrom als Ergebnis einer vorherigen Medialisierung der Tuberositas tibiae durchgeführt. Ziel ist einen physiologischen TTTG-Abstand wiederzugewinnen und somit normale patellofemorale Drücke zu erzielen. Diese Eingriffe wurden auch kombiniert durchgeführt. Somit kam es bei den Revisionseingriffen in 15 Fällen zu einem isolierten Eingriff und in 10 Fällen zu kombinierten Operationen. Die genaue Aufgliederung der Eingriffe kann Abb. 22 entnommen werden.

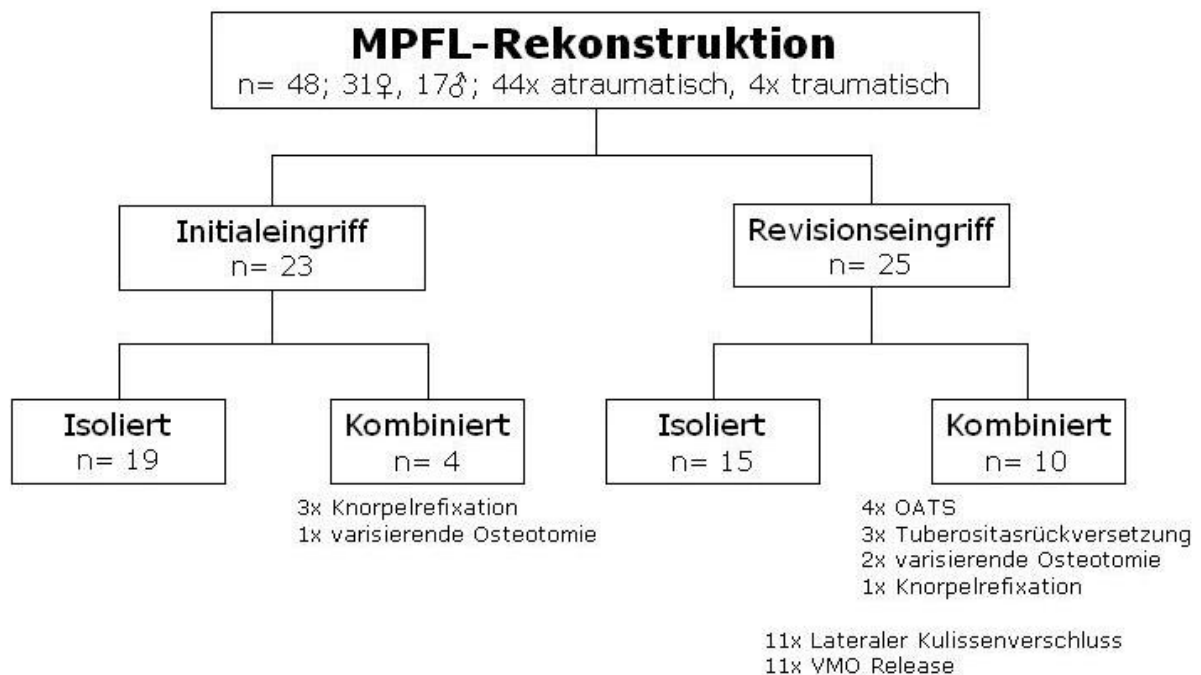


Abb. 22: Subgruppen der OP-Eingriffe

Die Erstluxation war in 44 Fällen atraumatischer Genese, während 4 Patienten über ein adäquates Trauma berichteten. In 10 Fällen (20,8 %) handelte es sich um die Erstluxation, bei 38 Probanden (79,2 %) um Reluxationen. Von diesen 38 Patienten

berichteten 24 (63,2 %) über weniger als 10 Luxationen präoperativ und 14 (36,8 %) erlitten mehrere Luxationen pro Woche. Eine Selbstreposition der Patella war in 37 Fällen (77,1 %) möglich, während bei 11 Patienten (22,9 %) die Patella mit ärztlicher Hilfe reponiert werden musste. Zum Zeitpunkt der Operation betrug das mittlere Alter 23 Jahre. Die Altersspanne lag zwischen 12 und 51 Jahren (siehe Abb. 23)

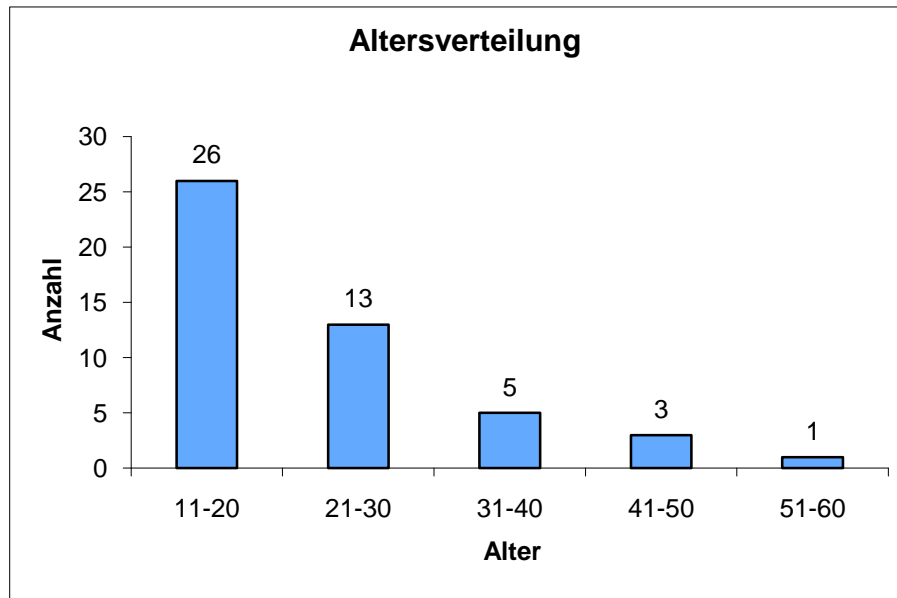


Abb. 23: Altersverteilung der Studienteilnehmer

Der Body Mass Index betrug in dem vorliegenden Patientengut im Mittel 22,2 kg/m². Ein BMI von über 25 kg/m² (Adipositas nach WHO) wurde bei 9 Patienten festgestellt, alle weiblich. Eine positive Familienanamnese zeigte sich lediglich in einem Fall.

Vor Auftreten der ersten Luxation übten die meisten Probanden normale körperliche Aktivitäten wie Spazieren gehen, Radfahren oder Schwimmen aus. 18 von ihnen konnten intensiveren Sportarten wie Fußball, Volleyball, Tennis oder Tanzen nachgehen.

Eine Trochleadysplasie vom Typ A fand sich bei 10 Probanden und Typ B bei 28. Der schwerwiegendere Typ C bei 9 Patienten und eine Trochleadysplasie Typ D trat einmal auf.

3.2 MPFL-Rekonstruktion

3.2.1 Operationstechnik

Zur besseren Beurteilung eventueller Knorpelschäden sowie der Trochleaform erfolgt nach sterilem Abwaschen und Abdecken eine arthroskopische Diagnostik des Kniegelenks.¹³¹ Im Anschluss wird zur Rekonstruktion des MPFL die Gracilissehne wie in der Kreuzbandchirurgie mittels eines Zugangs über dem Pes anserinus entnommen. Nach Entnahme wird die Sehne auf einem Präparationsbrett von den restlichen Muskelfasern befreit und mit einem resorbierbaren geflochtenen Faden am periostalen Ende auf eine Länge von 1,5 - 2 cm Länge armiert.¹³⁰

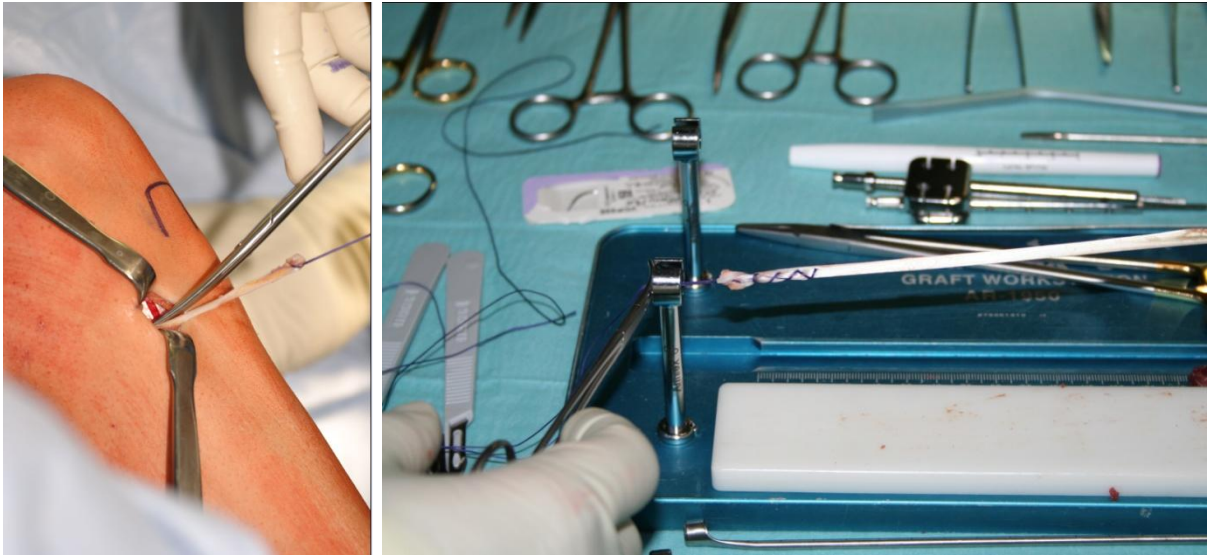


Abb. 24: Sehnenentnahme **Abb. 25: Sehnenpräparation**

Über einen 1 - 2 cm langen Hautschnitt wird die supero-mediale Patellaecke bis zum Mittelpunkt der Margo medialis⁶ dargestellt und mit dem Luer eine knöcherne Furche geschaffen. Die Nut muss so tief sein, dass das Gracilistransplantat darin komplett eingebettet werden kann. Am proximalen und distalen Rand dieser Furche werden zwei resorbierbare Fadenanker (Bio Fast-AK, Firma Arthrex ®) bestückt mit einem nicht resorbierbaren, geflochtenen Faden der Stärke 2 eingebracht. Diese müssen dabei so zu liegen kommen, dass die Fäden sich in einem Winkel von 45° zur Rinne befinden.



Abb. 26: Inzision über der medialen Kante



Abb. 27: Schaffung einer knöchernen Furche



Abb. 28: Einbringung der Fadenanker



Abb. 29: Fadenanker

Zur Präparation der anatomischen Verlaufsschicht des MPFL¹⁵⁷ wird die zweite und dritte Schicht dargestellt. Diese wird mit der Schere nach posterior bis auf Höhe des Tuberculum adductorium und des medialen Epikondylus separiert und mit Hilfe eines Overhold unterfahren. In dieser Region wird in 30° Knieflexion über der Overholdspitze eine longitudinale Miniinzision von ca. 1 cm vorgenommen. Eine erste Fadenschlinge wird mit Hilfe des Overholds zwischen der zweiten und dritten Schicht eingezogen. Zur Vermeidung einer patellofemorale Druckerhöhung ist eine exakte anatomische femorale Insertion äußerst wichtig.^{6, 108} Die BV-Kontrolle befindet sich anterior der Verlängerung der posterioren Kortikalis zwischen dem proximalen Ursprung des medialen Kondylus und dem posteriorsten Punkt der Blumensaat'schen Linie.¹³² Resultierend wird der Eintrittspunkt und Zielrichtung eines Bohrdrahts mit Öse bereits intraoperativ anhand eines streng seitlichen Röntgenbildes mittels Bildwandler kontrolliert. Bei korrekter Platzierung des Drahtes wird über diesen ein Bohrloch (Durchmesser 1 mm > Transplantatdurchmesser) bis zur Gegenkortikalis gesetzt und eine zweite Fadenschlinge nach lateral durchgezogen.



Abb. 30: Zurückziehen der Fadenschlinge



Abb. 31: Platzierung des Führungsdrahtes



Abb. 32: Intraoperative Kontrolle



Abb. 33: BV-Kontrolle

Die Länge des proximalen Schenkels wird bestimmt, indem man das Transplantat außen an der Haut zwischen das femorale Bohrloch und den proximalen Fadenanker legt. Dann wird es an diesen unter leichter Spannung verknotet. Anschließend wird es unter leichtem Zug nach distal am zweiten Fadenanker fixiert, während es mit einem stumpfen Instrument in die Furche gedrückt wird.

Die beiden freien Transplantatenden werden nun über die erste Fadenschlinge in Richtung femorales Bohrloch ausgeführt. Das distale Ende wird auf die Länge des bereits armierten proximalen Bündels gekürzt und im Anschluss mit dem proximalen Bündel vernäht. Dadurch bildet sich ein dreieckiges Konstrukt mit einem proximalen und einem distalen Bündel.



Abb. 34: Bestimmung der Transplantatlänge

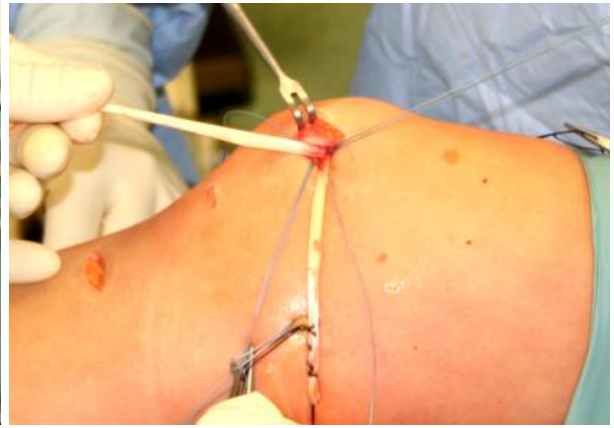


Abb. 35: Fixierung am proximalen Fadenanker

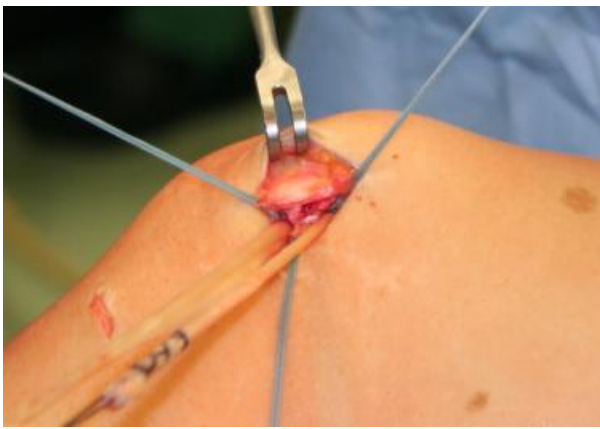


Abb. 36: Fixierung an den patellaren Ankern



Abb. 37: Zusammengenähte Transplantatenden



Abb. 38: Prüfung des Bewegungsumfanges



Abb. 39: "Dreieckiges Konstrukt"

Mit Hilfe des femoralen Führungsdrahtes wird das zusammengenähte Transplantatende in den BohrkanaI eingezo-gen.¹²⁴ Dabei wird ein kräftiger

Polyesterfaden kombiniert mit dem Transplantat eingezogen, der nachher über den am Tuberculum adductorium eingebrachten K-Draht der Isometriemessung dient.

In 30° Flexionsstellung, in der das MPFL die größte Spannung besitzt, wird das Transplantat von lateral vorgespannt. Ziel ist eine Position bei der die laterale Patellakante auf derselben Höhe wie die laterale Femurkondylenkante liegt. Dann wird das Ligament mit einer resorbierbaren Interferenzschraube femoral fixiert.¹²⁴ Der Durchmesser dieser Schraube entspricht dabei dem Bohrkanaldurchmesser. Bevor der Schraubenzieher entfernt wird, muss der volle Bewegungsumfang einschließlich des Patellatracking zwischen 0 - 40° Flexion kontrolliert werden.¹²⁵

3.2.2 Postoperatives Procedere

Je nach Schweregrad der Trochleadysplasie werden zwei verschiedene Schemata angewandt. Bei Patienten mit geringgradiger Trochleadysplasie Typ A und B wird direkt postoperativ eine funktionelle MEDI M4 Schiene mit Bewegungslimitierung für 6 Wochen angelegt. Dabei ist in den ersten drei Wochen eine passive Beweglichkeit von F/E 90°/10°/0° erlaubt. Ab der 3. postoperativen Woche darf eine Teilbelastung in Form von Sohlenkontakt durchgeführt werden. Die freie passive Beweglichkeit sollte in diesem Zeitraum wieder erreicht werden. Nach 6 Wochen darf mit 20 kg pro Woche aufbelastet sowie mit aktiven Quadricepsübungen begonnen werden.

Bei Trochleadysplasie Typ C und D wird ein alternatives Schema verwendet. In den ersten zwei Wochen ist lediglich ein passives Bewegungsausmaß von F/E 60°/20°/0° erlaubt. Ab der dritten Woche wird wie oben beschrieben weiter verfahren.

Die gesamte Zeit wird der Patient physiotherapeutisch begleitet. Es sollte darauf geachtet werden, dass nur isometrische Übungen, jedoch kein Krafttraining mit Gewichten ausgeübt wird.^{124, 130}

4 Methodik

In dieser prospektiven Studie wurden insgesamt 5 Untersuchungstermine angesetzt. Diese reichten von präoperativ bis ein Jahr postoperativ. Beim ersten sowie letzten Termin wurde ein komplettes Staging des Kniegelenkes durchgeführt. Dieses beinhaltete neben einem subjektiven Patientenfragebogen, in dem der IKDC Score, Kujala Knie Score und Tegner-Aktivitätsscore integriert wurden, eine klinische Untersuchung sowie Röntgen und MRT. Die Nachuntersuchungstermine 6 Wochen sowie 3 Monate postoperativ setzten sich aus dem Patientenfragebogen sowie der klinischen Untersuchung zusammen. Zur besseren Verfolgung des Therapieverlaufs wurde 6 Monate postoperativ ein subjektiver Fragebogen erhoben.

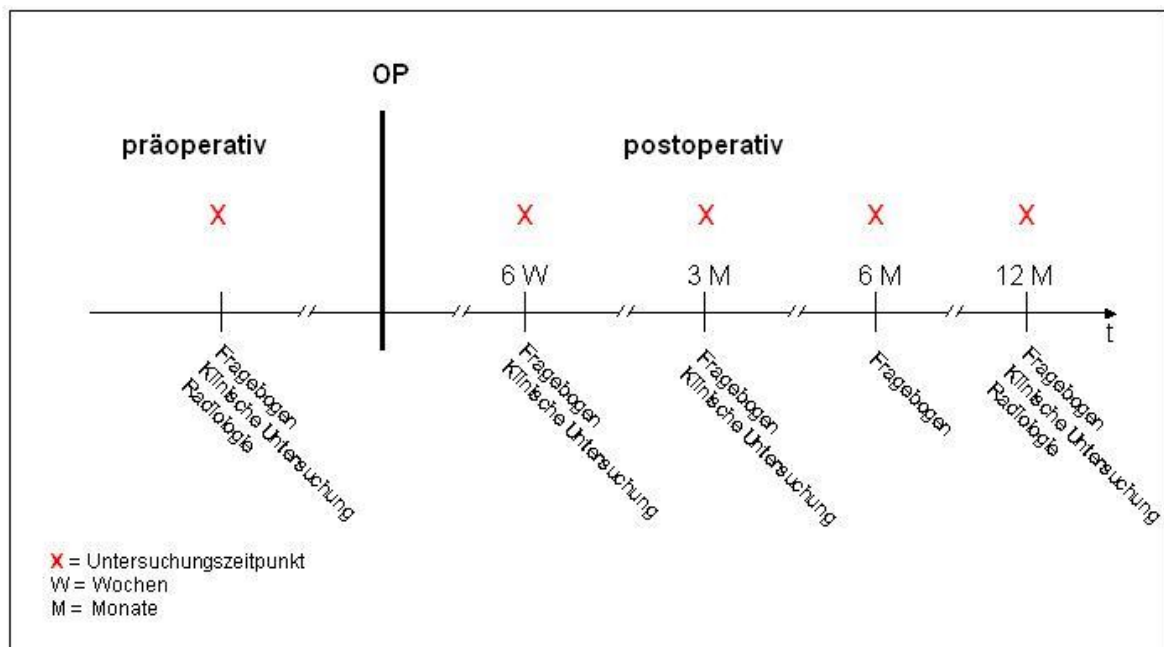


Abb. 40: Zeitplan

4.1 Subjektiver Patientenfragebogen

4.1.1 Allgemeines

In diesem Teil wird neben der allgemeinen Anamnese spezifisch auf die Luxationsgeschichte und Beschwerden eingegangen. Neben Zeitpunkt sowie Unfallhergang der Erstluxation werden Reluxationen, orthopädische Voroperationen sowie aktuelle Beschwerden erhoben. Weiterhin wird die Therapiezufriedenheit

befragt und ob man diese Operation rückblickend nochmals durchführen lassen würde. Zur Erfassung und Dokumentation der Dauer und Intensität der Schmerzen wird die visuelle Analogskala (VAS) angewendet. Hierbei muss der Patient seine Empfindung auf einer Skala von 0 (keine Schmerzen) bis 10 (ständig Schmerzen bzw. unerträgliche Schmerzen) der vergangenen 4 Wochen einschätzen. Dies ermöglicht einen orientierenden Überblick über den zeitlichen Verlauf und den Erfolg des Eingriffes von präoperativ bis einschließlich ein Jahr postoperativ.

4.1.2 Sportfähigkeit

Ein weiteres Hauptmerkmal wird auf die aktuelle Sportfähigkeit gelegt. Primär wird die erstmalige Wiederaufnahme der sportlichen Aktivitäten nach dem Eingriff dokumentiert. Dabei wird bei jeder Untersuchung auch das subjektive Empfinden während des Sports, Schmerzen während oder nach dem Sport und Medikamenteneinnahme erfragt. Zudem wurde das Level der sportlichen Betätigung (Physiotherapie, Freizeitsport oder Leistungssport), Wochenstunden des Sports und Auswirkungen der Operation auf die Sportfähigkeit bei jedem Termin erfasst.

4.2 Subjektive Scores

4.2.1 IKDC Score

Der IKDC- (International Knee Documentation Committee) Score dient der subjektiven Evaluation der gegenwärtigen Kniefunktion, sportlichen Betätigung, Symptomatik und Lebensqualität des Patienten. Dieser Score beinhaltet 18 Fragen, wobei zu jeder Frage mehrere Antwortmöglichkeiten mit verschiedenen Punktwertungen angeboten werden. Der Wert 1 stellt dabei die niedrigste Funktionsstufe bzw. höchste Symptomstufe dar. Der höchste zu erreichende Wert ist 5 Punkte und entspricht einem sehr anstrengenden Aktivitätsniveau, das der Patient ohne Beschwerden durchführen kann.

Zur Ermittlung des Gesamtergebnisses werden die Einzelergebnisse addiert und zu einer Skala mit dem Bereich 0 bis 100 transformiert. Der Wert 100 entspricht dabei einer optimalen Funktion ohne Symptome. Die Frage „Funktionsfähigkeit vor der Knieverletzung“ wird zur Auswertung nicht herangezogen. Zur Berechnung des Gesamtergebnisses wird vom Rohergebnis die niedrigstmögliche Punktzahl (=18)

subtrahiert, das Ergebnis durch den Punktzahlbereich (=87) dividiert und dann wiederum das Ergebnis mit 100 multipliziert.

Die Ergebnisse werden präoperativ sowie postoperativ ausgewertet und verglichen.

4.2.2 Alternierender Kujala Score

Als weiteres Beurteilungskriterium wurde der alternierende Kujala Knie Score verwendet. Dieser Score wurde speziell zur Diagnostik des vorderen Knieschmerzes konzipiert, lässt sich aber ebenfalls auf die patellofemorale Instabilität anwenden. Dabei gehen häufig durchgeführte Alltagsaktivitäten wie Treppensteigen, Kinobesuch als auch sportliche Aktivitäten wie Joggen und Springen in den Score ein. Dadurch wird versucht, den Score objektiver zu gestalten, so dass interindividuelle Variationen minimiert werden. Weiterhin bietet er die Möglichkeit objektive Punkte wie Atrophie des VMO und Flexionsdefizit einfließen zu lassen.

Eine Frage zum „Auftreten des vorderen Knieschmerzes“ wurde in „Auftreten eines Unsicherheitsgefühls im Knie“ abgeändert. Dadurch wurde erreicht, dass die Problematik einer patellofemorale Instabilität anstelle des vorderen Knieschmerzes im Vordergrund steht. Daher die Bezeichnung „alternierender Kujala Knie Score“.

Maximal können 100 Punkte erreicht werden.⁸⁵

4.2.3 Tegner Aktivitätsscore

Insbesondere zur Erfassung des Aktivitätsniveaus im Beruf, Alltag sowie Freizeit- und Leistungssport hat sich dieser subjektive Score etabliert. Es handelt sich dabei um eine 11-stufige Skala, bei der der Wert Null als niedrigstes Level einer Arbeitsunfähigkeit aufgrund der Kniebeschwerden entspricht. Nationale sowie internationale Turniere bei Kontaktsportarten ist das höchste zu erreichende Aktivitätsniveau mit zehn Punkten.

Diese Skalierung ermöglicht eine gute Differenzierung von Funktion und eventuellen Funktionseinschränkungen des erkrankten bzw. operierten Kniegelenkes während des Therapieverlaufs.¹⁴⁹

4.3 Klinische Untersuchung

Neben den allgemeinen Standarduntersuchungen des Knies wie Sensibilität, Bewegungsausmaß, Bandlaxizität, Krepitationen, Schwellung, Erguss, Druckschmerz, Kompressionsschmerz, Menisci und Kreuz- sowie Kollateralbänder wurden spezifische patellofemorale Tests erhoben.

Die spezifische Testung der Patellasymptomatik wird beim stehenden Patienten begonnen. Neben der Beinachse wird das Gangbild, Hocke sowie mögliche Rotationsfehler mit reaktiver Schonhaltung erfasst. Während des Gehens wird vor allem auf ein vorliegendes „*Intoeing*“ geachtet. Dabei versucht der Patient durch eine Innenrotation des Kniegelenkes einer erneuten Luxation vorzubeugen. Die weitere klinische Untersuchung wird beim liegenden Patienten durchgeführt.

Anhand einer alleinigen Inspektion wird oftmals schon eine mediale oder laterale „Delle“ gefunden. Diese „*mediale softness*“ aufgrund eines dys-/hypoplastischen medialen patellofemorales Komplexes oder Voroperationen wird in Zusammenhang mit Patellaluxationen gefunden. Sehr häufig tritt auch ein Weichteildefekt nach einem „Lateral Release“ auf, das als „*laterale softness*“ imponiert. Bei der Palpation hat der Untersucher das Gefühl, mit seinem Finger „ins Gelenk zu fallen“. Besonders nach Voroperationen kann dieses Palpieren für den Patienten sehr schmerzhaft sein, da die schützenden Schichten der Kapsel fehlen oder durch entzündliche Veränderungen des Kapselapparates hervorgerufen werden.^{15, 128} Bei Prüfung des Bewegungsausmaßes wurde besonders auf schmerzhafte Bewegungseinschränkungen geachtet. Ein erhöhter Anpressdruck nach Versatz der Tuberositas führt oftmals zu schmerzbedingtem Extensionsdefizit. Im Gegensatz dazu führt eine verkürzte Quadricepsmuskulatur zu einem Flexionsdefizit.



Abb. 41: "Laterale Softness"¹⁵

Zur Feststellung eines *Facettendruckschmerzes* und *Untergreifschmerzes* wird die Patella nach medial bzw. lateral aufgekippt und mit der anderen Hand die mediale und laterale Facette sowie Patellaunterfläche palpirt.

Eine Hypermobilität der Patella sowie Patellaverschiebeschmerz wurden ebenfalls getestet.

Das „*Apprehension sign*“ als aussagekräftigster Test, verdeutlicht das Instabilitätsgefühl sowie die Angst vor einer Patellaluxation. Der Test gilt als positiv, wenn es zu einer reflektorischen Anspannung der Quadricepsmuskulatur oder Schmerzen bei passiver Lateralisation der Patella kommt. Dieser Test wurde in 0°, 30°, 60° sowie 90° durchgeführt. Da die patellofemorale Stabilität je nach Flexionsgrad von verschiedenen Faktoren abhängig ist, kann man dadurch auf die vorliegende Pathomorphologie schließen. Bei einem positiven Test zwischen 0° und 30° kann die Insuffizienz dem passiven Stabilisator zugeschrieben werden. Statische Komponente wie Trochleadysplasie, Valgusfehlstellung oder Femurinnenrotation spielen zwischen 30° und 60° eine bedeutende zusätzliche Rolle.

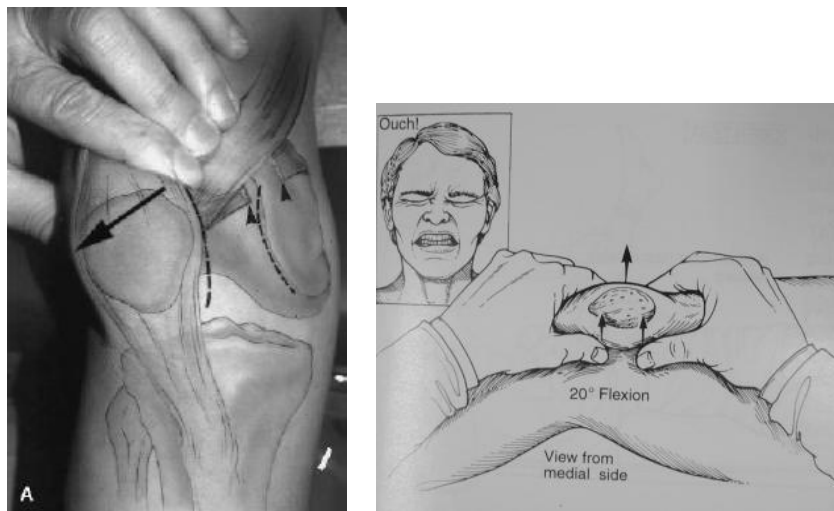


Abb. 42: Apprehension sign^{76, 146}

Das „J-sign“ ermöglicht eine Aussage über die patellofemorale Kinematik. Im positiven Fall kommt es strecknah, beim Übergang von Flexion in Extension, nach initial medialer Führung zu einer deutlichen Lateralisierung der Patella in Form eines umgedrehten J. Anders ist es beim Übergang von Extension in Flexion: hier ist darauf zu achten, ob sich die Patella problemlos in eine eventuell vorhandene Trochlea einfügt, oder initial auf dem lateralen Femurkondylus gleitet, bevor sie in höhergradiger Flexion mit einigen Trickbewegungen ruckartig in die Notch eingeleitet wird („reversed J-sign“). Dieses pathologische, ruckartige Eingleiten in die ossäre

Führung wäre auf eine ausgeprägte Trochleadysplasie, insbesondere bei Vorhandensein eines trochleären Bumps und/oder fehlender bzw. insuffizienter medialer passiver Stabilisatoren zurückzuführen.

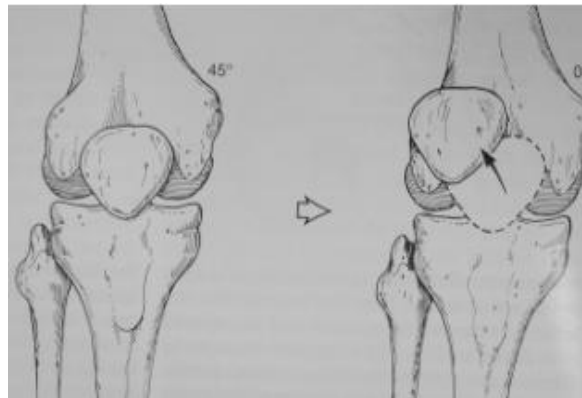


Abb. 43: J-sign⁷⁶

Beim „Schöttle-Test“ versucht der sitzende Patient in 90°, 60°, 30° und 0° gegen den Widerstand des Untersuchers zu extendieren. Der Flexionsgrad bei Schmerzangabe des Patienten lässt auf arthrotische oder degenerative Veränderungen mit ungefähre Lokalisation schließen.

4.4 Bildgebende Verfahren zur Diagnostik der patellofemoralen Instabilität

In der patellofemorale Bildgebung wird vor allem auf das konventionelle Röntgen sowie die Magnetresonanztomographie (MRT) zurückgegriffen.^{12, 31, 51, 95} Als Standardmethode hat sich heutzutage das MRT durchgesetzt.^{20, 39, 51} Die herausragende Bedeutung der Bildgebung wird vor allem im Falle eines akut schmerzhaften und geschwollen Knies deutlich: denn vom klinischen Erstuntersucher wird in bis zu 45 % - 73 % der Fälle zuerst nicht an eine Patellaluxation gedacht.^{81, 87}

4.4.1 Konventionelle Radiologie

Das native Röntgen spielt fast nur noch in der Basisdiagnostik zur Beurteilung knöcherner Strukturen, sowie bei Begleitpathologien und in der Verlaufskontrolle eine wesentliche Rolle. Lediglich die Bestimmung der Patellahöhe sowie der femoralen Insertion findet mit dieser Technik noch Anwendung.

Jedoch können mittels konventioneller Röntgenbilder die Knochenstruktur sowie degenerative bzw. arthrotische Veränderungen wie Gelenkspaltverschmälerung, Sklerosierungen, osteophytäre Randausziehungen, Entkalkifizierung und Zysten gut dargestellt werden. Zur Beurteilung des Schweregrades arthrotischer Knorpelschäden wurde in dieser Arbeit der Kellgren Score angewendet.⁸⁰ Dieser Score wird von Stadium 1 (geringe subchondrale Sklerosierung) bis Stadium 4 (Aufhebung des Gelenkspaltes) eingeteilt.

Des Weiteren können in der a.p.-Aufnahme bereits erste Schlüsse aus der mediolateralen Position der Patella sowie eventuellen Rotationsfehlstellungen gezogen werden.¹²⁸

Die Patellahöhe wird nach dem Index von Caton und Deschamps²² folgendermaßen an streng lateralen Aufnahmen bestimmt: Der Quotient zwischen dem Abstand der distalen patellären Gelenkfläche zu der anterioren tibialen Gelenkfläche (AT) und dem Abstand der proximalen zur distalen patellären Gelenkfläche (AP) berechnet. Ein Index von 1,0 gilt als Normalwert, Werte über 1,2 entsprechen einer Patella alta und Werten kleiner 0,8 einer Patella baja.²³

Die Patella alta wird als ein Faktor der patellofemorale Instabilität angesehen.^{23, 37, 74, 75, 88}



Abb. 44: Caton-Deschamps Index: normaler Wert $AT/AP=0.8-1.2$ ²⁴

Der femorale Insertionspunkt wird an streng seitlichen Röntgenbildern beurteilt. Die exakte anatomische Positionierung der femoralen Insertion ist von besonderer Bedeutung, da das MPFL keine Isometrie besitzt, sondern eine anatomische Struktur ist.⁶ Da eine nicht anatomische Insertion zu Veränderungen der Druckverhältnisse führt, ist dies für den Behandlungserfolg des Patienten sehr wichtig. Häufigster

Fehler ist eine zu weit anteriore und proximale Fixation, da es dadurch in Flexion zu einer Verlängerung der patellaren und femoralen Insertion kommt und dies zu einer patellofemorale Druckerhöhung führt.⁴⁷ Smirk¹³⁸ und Steensen¹⁴³ konnten zeigen, dass bei einer MPFL Rekonstruktion die Veränderung der femoralen Fixation um 5 mm bereits zu einer signifikanten Längen- und Spannungsänderung des MPFL-Grafts führen kann. Schöttle et al.¹³² konnten in ihrer Studie die radiologische Landmarke der femoralen Insertion an streng seitlichen Aufnahmen definieren. Zur Ermittlung der Insertion im streng seitlichen Röntgenbild verlängert man die posteriore Kortikalis (Linie 1) und zieht dazu jeweils eine senkrechte Linie (Linie 2 und 3) durch den Beginn des medialen Femurkondylus (Punkt 1) sowie den hintersten Punkt der Blumensaat-Linie (Punkt 2). Die anatomische Insertion befindet sich in der Mitte dieser zwei senkrechten Linien und anterior der Verlängerung der posterioren Kortikalis.

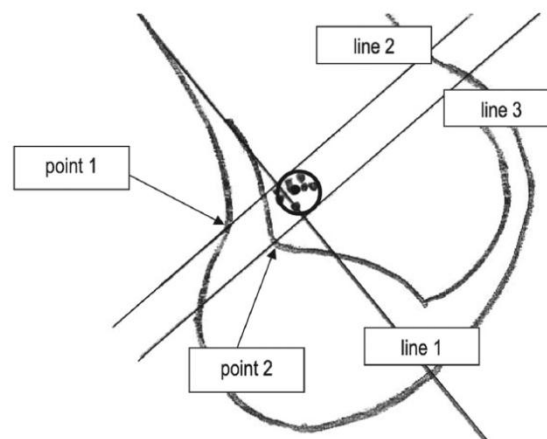


Abb. 45: Bestimmung der femoralen Insertion¹³²

Die Diagnostik der Trochleadysplasie sowie des patellaren Tilt und Shift wird heutzutage mittels Magnetresonanztomographie durchgeführt.

4.4.2 Magnetresonanztomographie

Zwischenzeitlich hat das Schnittbildverfahren einen enormen Stellenwert gegenüber der konventionellen Bildgebung eingenommen und ist Mittel der Wahl.^{39, 113} Dies ist darauf zurückzuführen, dass mittels MRT Trochleamorphologie und -form sowie die patellofemorale Relation wesentlich sicherer zu beurteilen sind, da das MRT es ermöglicht die posteriore Kondylenlinie als Referenz zu nutzen.^{39, 90, 95, 96, 156} Damit kann die hohe Rate falscher Ergebnisse aufgrund nicht streng lateraler Bilder

verhindert werden. Zudem ist die Identifizierung eines leichten Malalignment in konventionellen Röntgenbildern äußerst schwierig und eine Beurteilung des patellofemorales Gelenkes in einer axialen Aufnahme ab 20° Knieflexion nahezu unmöglich.^{90, 91} Ein weiterer Vorteil des MRT ist, dass Knorpel, Weichteile sowie Vernarbungen nach Voroperationen zusätzlich evaluiert werden können. Nicht zu verachten ist außerdem, dass diese Untersuchung ohne jegliche Strahlenbelastung durchgeführt werden kann.

Somit lassen sich mit dieser Methode standardisierte femorale sowie patellofemorale Parameter bestimmen:

Die Trochleadysplasie wird als wichtigster prädisponierender Faktor einer patellofemorales Instabilität sowie eines patellofemorales Maltrackings angesehen.³⁷ Sie ist durch eine besonders im proximalen Bereich abgeflachte und medialisierte Trochlea gekennzeichnet, wobei die anteroposteriore Höhe der Kondylen nicht betroffen ist.^{36, 60, 86, 114}

H. Dejour^{36, 37} klassifizierte erstmals die Trochleadysplasie. In Bezug auf die Höhe des Schnittpunktes sowie Symmetrie bzw. Asymmetrie der Femurkondylen unterteilte er diese in 3 Typen. Zusätzlich definierte er die Trochleadysplasie mittels drei Kriterien: dem „crossing sign“ als einzigstes qualitatives sowie dem „trochleären Bump“ und der „trochleären Tiefe“ als quantitatives Merkmal. Koeter⁸² zeigte jedoch in einer Studie die geringe Sensitivität des streng lateralen Röntgenbildes zur Evaluierung einer Trochleadysplasie. Er stellte fest, dass es durch eine minimale Rotation von nur 5° zu einem Messfehler von 10 mm in Bezug auf die Trochleatiefe oder zu einem falsch positiven crossing sign kommen kann.

Aufgrund dieser Erkenntnis wird heutzutage die Trochleadysplasie nach D. Dejour³⁴ bestimmt. Dazu wird ein axiales Schnittbild des proximalsten Anteils der Trochlea genommen, in der beide Trochleafacetten komplett mit Knorpel bedeckt sind. Typ A entspricht einer etwas abgeflachten, aber noch erkennbaren Trochlea während sie in Typ B bereits flach oder konvex ist. Asymmetrische Trochleafacetten finden sich in Typ C, wobei die laterale Facette konvex und die mediale Facette hypoplastisch ist. Typ D entspricht Typ C, es kommt jedoch zusätzlich zu einem „Bump“ - einer Erhöhung im Bereich der Trochlea.³⁴

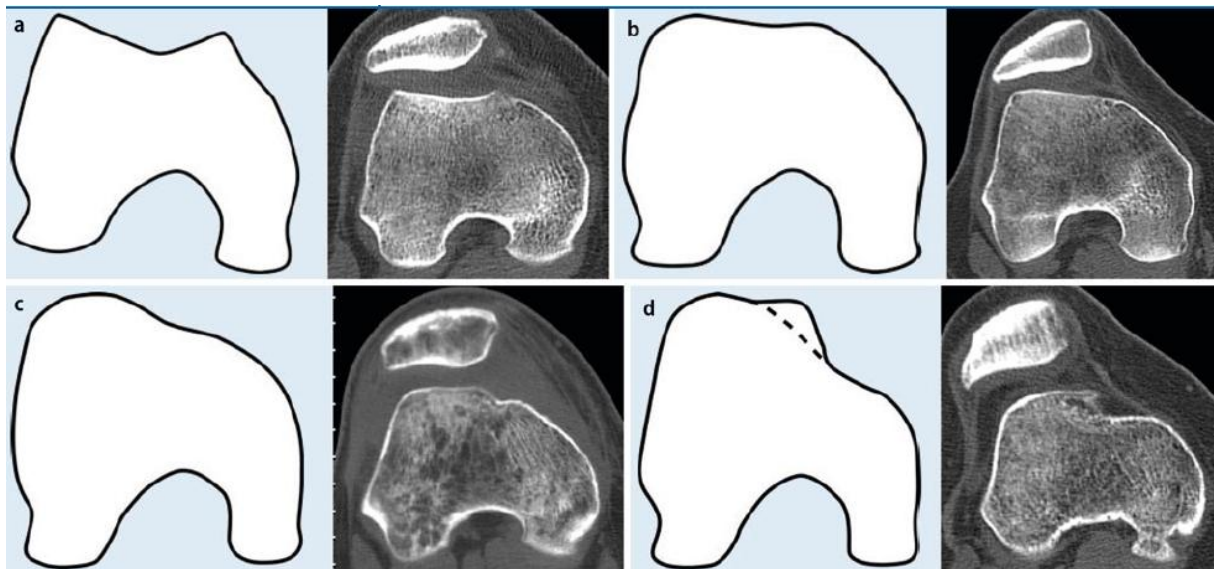


Abb. 46: Gradeinteilung der Trochleadysplasie¹²⁸

An axialen Bildern können Patella-Tilt und -Shift als weitere Faktoren der patellofemorale Instabilität beurteilt werden:

Der Patella-Tilt gibt den Winkel an, den die transversale Hauptachse der Patella mit der Verlängerung der posterioren Kondylenlinie bildet (siehe Abb. 47 grüner Winkel). Im Normalfall sollte in 30° Flexion die mediale und laterale Kante der Patella auf derselben Höhe sein. Nach einer Studie von Grelsamer et al.⁶⁵ wird ein Tilt < 5° als physiologisch angenommen. Wenn die mediale Kante der Patella höher als die laterale Kante liegt, besteht ein lateraler Tilt. Er tritt vor allem in Extension auf und nimmt während zunehmender Flexion ab, da die Patella hier in die Trochlea einsinkt, die einer Lateralisation entgegenwirkt. Somit ist ein positiver Tilt auch ein Zeichen einer Subluxation.^{37, 65, 66}

Der Patella-Shift ist ein weiteres Kriterium zur Bestimmung des Subluxationsgrades. Dieser wird ermittelt, indem man den Abstand zwischen retropatellarem Giebel und trochläarer Grube in Referenz zur posterioren Kondylenlinie misst (siehe Abb. 47; lila Linien). Ist der Abstand > 2,5 mm, liegt ein pathologischer Shift vor.¹²

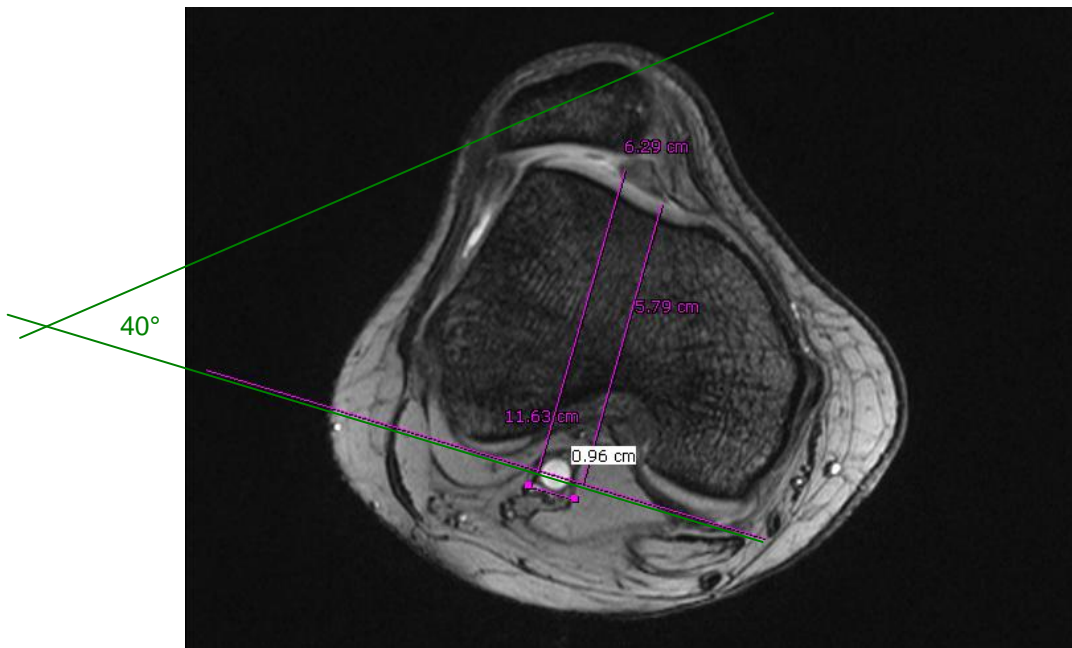


Abb. 47: Messung des patellofemorale Tilt und Shift

Beim Vorhandensein einer Trochleadysplasie wird durch die abgeflachte Trochlea ein Einsinken und eine Führung der Patella in früher Flexion verhindert. Dadurch wird die Patella nach proximolateral gedrückt, was zu einer Vergrößerung von Tilt und Shift führt.

Der TTTG-Abstand beschreibt den Abstand zwischen Tuberositas tibiae und trochleärer Grube.⁶⁴ Er wird heutzutage als Quantifizierung des Q-Winkels angesehen, da dieser eine hohe untersucherabhängige Varianz aufweist und von der Muskelaktivität beeinflusst werden kann. Anhand zwei axialer übereinander projizierter Schichten, zusammengesetzt aus der proximalen Trochlea, die komplett mit Knorpel bedeckt ist und distal davon die Tuberositas tibiae bei der das Ligamentum patellae ansetzt, wird der TTTG-Abstand gemessen. Zur Berechnung des Abstandes wird jeweils eine Senkrechte durch den tiefsten Punkt der Trochlea und durch das Zentrum der Tuberositas in Referenz zur posterioren Kondylenlinie herangezogen. Werte zwischen 12 und 15 mm werden als normal angesehen. In einer Studie von Dejour et al.³⁷ fanden sich TTTG-Werte von über 20 mm in 56 % der betroffenen Patienten. Hierbei ist jedoch zu beachten, dass eine alleinige Lateralisation der Tuberositas in den seltensten Fällen auftritt. Vielmehr ist eine Medialisierung der Trochlea durch eine Trochleadysplasie, Antetorsion des Femurs oder Außenrotation der Tibia für einen erhöhten TTTG-Abstand verantwortlich und muss in der weiteren Behandlung berücksichtigt werden.

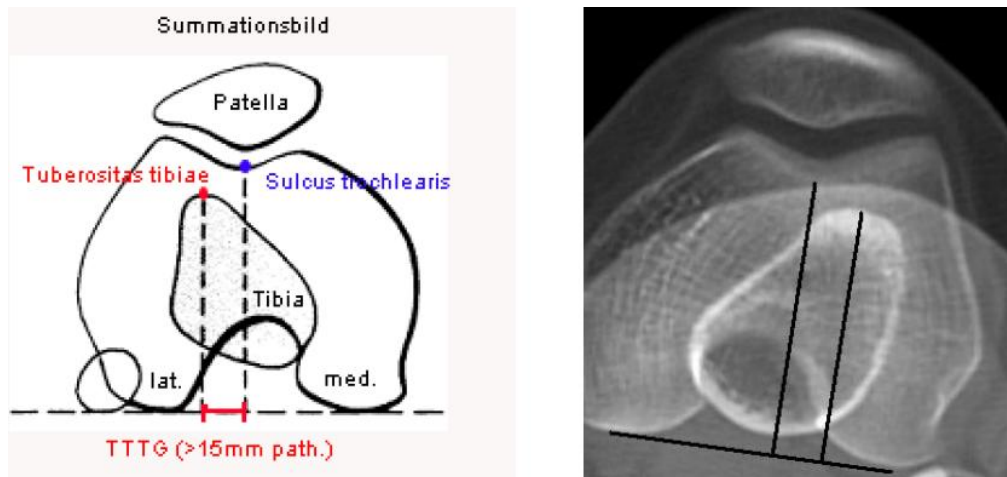


Abb. 48: Messung des TTTG-Abstandes¹²⁴

Die Knorpeldefekte wurden nach der Klassifikation der „International Cartilage Repair Society“ (ICRS) in Anlehnung an die arthroskopische Klassifikation in 5 Grade eingeteilt^{49, 118}: Keine Defekte sind bei Grad 0 erkennbar. Grad I entspricht oberflächlichen Konturunregelmäßigkeiten, während bei Grad II Knorpelschäden nachweisbar sind, die jedoch 50 % der Knorpeldicke nicht überschreiten. Knorpelschäden, die über 50 % der Knorpeldicke reichen charakterisieren Grad III. Eine vollständige Zerstörung des Knorpels mit Beteiligung der subchondralen Grenzlamelle kennzeichnen Grad IV.

Das MPFL bzw. postoperativ das MPFL-Graft wird im gesamten Verlauf auf Läsionen, Vernarbungen sowie Bandstruktur mittels axialen Schnittbildern begutachtet. Zur genauen Lokalisation eventueller Läsionen bzw. Rupturen wird das MPFL in 3 Regionen unterteilt: dem anterioren Drittel mit der patellaren Insertion, dem intramuralen Anteil sowie dem posterioren Drittel mit dem femoralen Ursprung. Die Beurteilung des Rupturorts und der Beschaffenheit des vorliegenden Gewebes sind insbesondere bei akuten traumatischen Erstluxationen von Bedeutung. Dies ist für die Entscheidung zwischen primärer Naht, Refixation des MPFL mittels Fadenanker und Rekonstruktion des Ligamentes sowie folgender Operationsplanung wesentlich. Postoperativ steht die Intaktheit und korrekte Insertion des MPFL-Grafts im Vordergrund des Interesses.^{39, 123}

Entsprechend den streng lateralen Röntgenbildern kann auf einem sagittalen Schnittbild die Patellahöhe berechnet werden.

4.5 Statistische Auswertung

Die gesammelten Daten wurden in SPSS 16.0 erfasst. Zur statistischen Auswertung wurde ein T-Test für unverbundene Stichproben mit einem 95 % Konfidenzintervall verwendet. Eine Varianzanalyse wurde zum Vergleich mehrerer Fallgruppen miteinander eingesetzt. Werte mit $p \leq 0,05$ wurden als statistisch signifikant und Werte mit $p \leq 0,001$ als höchst signifikant angesehen.

5 Ergebnisse

Um eine differenziertere Betrachtung der Ergebnisse zu erzielen, wurden insbesondere bei den Scores neben dem Gesamtergebnis die Operationen in Erst- und Revisionseingriffe unterteilt. Diese wurden jeweils wiederum in isolierte und kombinierte Eingriffe aufgegliedert.

5.1 Subjektiver Fragebogen

5.1.1 Allgemeines

Anamnestisch zeigte die Erstluxation bei 44 Patienten eine atraumatische, bei 4 eine traumatische Anamnese. Bei 10 Patienten handelte es sich um die operative Versorgung einer Erstluxation und bei 38 Probanden um die Therapie von Reluxationen oder Rezidivluxationen. Bei 24 Patienten traten weniger als 10 Luxationen präoperativ auf, 14 Patienten berichteten über mehrere Luxationen pro Woche. Nach der MPFL-Rekonstruktion trat bis zur Abschlusskontrolle ein Jahr postoperativ weder eine Subluxation noch eine Reluxation auf.

Der VAS Score zeigte eine signifikante Reduzierung der Schmerzdauer in allen Gruppen bis zur Abschlusskontrolle. Die Revisionseingriffe wiesen im Vergleich zu den Initialeingriffen sowohl präoperativ als auch ein Jahr postoperativ schlechtere Ergebnisse auf (Abb. 49). Dies war statistisch signifikant ($p \leq 0,05$).

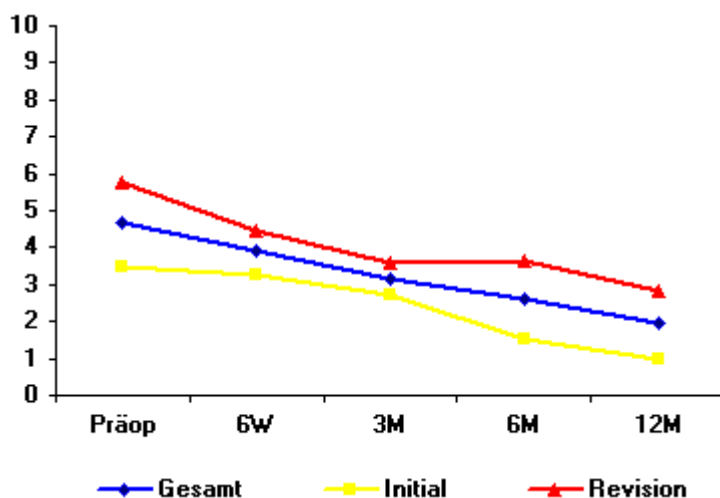


Abb. 49: VAS Score - Dauer der Schmerzen

Ein ähnlicher Verlauf zeigte sich auch bei der Intensität der Schmerzen. In allen Gruppen kam es zu einer signifikanten Verbesserung ($p \leq 0,05$). Auch hier wiesen die Initialeingriffe eine signifikant geringere Intensität der Schmerzen als die Revisionsfälle bis zur Abschlusskontrolle auf (Abb. 50).

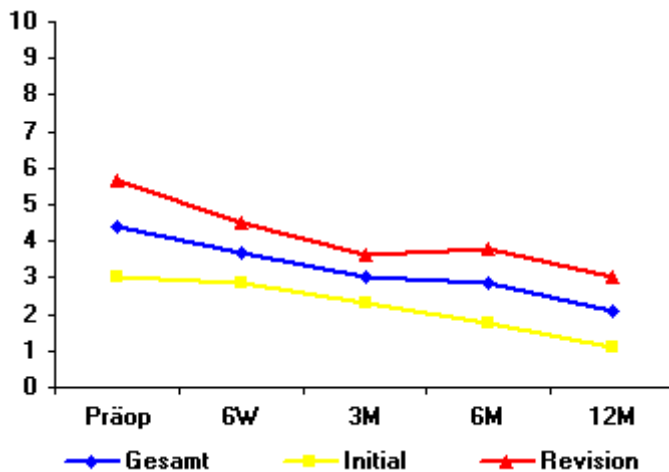


Abb. 50: VAS Score - Intensität der Schmerzen

5.1.2 Sportfähigkeit

Die Auswertung der Sportfähigkeit mit genauer Wiederaufnahme des Sportes (Physio = Physiotherapie, FS = Freizeitsport, LS = Leistungssport), Schmerzen beim Sport und eventuellem Gebrauch von Schmerzmedikamenten beim Sport ist in Abb. 51 und Abb. 52 dargestellt.

Betrachtet man die Stundenanzahl der Sportausübung, so machten Patienten mit Revisionseingriffen präoperativ 0,54 Stunden Freizeitsport mit einer Standardabweichung (SD) von $\pm 1,13$, während Leistungssport bei keinem Patienten möglich war. Die Patienten mit Initialeingriffen hingegen konnten präoperativ 2,02 (SD $\pm 3,11$) Stunden Freizeitsport und 0,48 (SD $\pm 1,41$) Stunden Leistungssport nachgehen. Ein Jahr postoperativ konnten die Patienten mit Revisionseingriffen die Werte signifikant auf 2,54 (SD $\pm 2,31$) Stunden Freizeitsport und 0,64 (SD $\pm 1,8$) Stunden Leistungssport steigern. Die Patienten mit Initialeingriffen zeigten ein Jahr postoperativ ein ähnliches Niveau im Freizeitsport mit 2,39 (SD $\pm 2,31$) Stunden wie präoperativ auf. Im Leistungssport konnte jedoch eine signifikante Verbesserung ($p \leq 0,05$) auf 2,78 (SD $\pm 4,18$) Stunden festgestellt werden.

	Sportausübung		Medikamente beim Sport		Schmerzen beim Sport				
	Initial	Revision	Initial	Revision	Initial	Revision			
präoperativ	Ø mgl.:	12	19	Ø mgl.:	12	19	Ø mgl.:	12	19
	Physio:	0	0	immer:	0	1	stark:	1	1
	FS:	8	6	gelegentl.:	1	1	mäßig:	2	3
	LS:	3	0	nie:	10	4	leicht:	5	1
6 Wochen postoperativ	Ø mgl.:	0	0	Ø mgl.:	0	0	Ø mgl.:	0	0
	Physio:	21	25	immer:	13	17	stark:	0	7
	FS:	1	0	gelegentl.:	2	3	mäßig:	5	6
	LS:	1	0	nie:	8	5	leicht:	8	7
3 Monate postoperativ	Ø mgl.:	0	0	Ø mgl.:	0	0	Ø mgl.:	0	0
	Physio:	13	18	immer:	0	1	stark:	1	2
	FS:	10	7	gelegentl.:	0	3	mäßig:	2	9
	LS:	0	0	nie:	23	21	leicht:	4	5
6 Monate postoperativ	Ø mgl.:	0	0	Ø mgl.:	0	0	Ø mgl.:	0	0
	Physio:	3	7	immer:	0	1	stark:	1	3
	FS:	15	17	gelegentl.:	2	4	mäßig:	1	8
	LS:	5	1	nie:	21	20	leicht:	4	8
12 Monate postoperativ	Ø mgl.:	0	1	Ø mgl.:	0	1	Ø mgl.:	0	1
	Physio:	0	2	immer:	0	2	stark:	0	2
	FS:	14	19	gelegentl.:	0	0	mäßig:	0	5
	LS:	9	3	nie:	23	23	leicht:	7	6
						keine:	16	12	

Abb. 51: Ausübung des Sports

Die Wiederaufnahme der regulären sportlichen Aktivitäten war nach 2 - 3 Monaten für 12 Patienten (25,0 %) möglich. 19 (39,6 %) Patienten übten nach 3-6 Monaten wieder Sport aus und 17 (35,4 %) benötigten mehr als 6 Monate. Für die Dauer der Wiederaufnahme der regulären Sportaktivitäten für die einzelnen Subgruppen wird auf Abb. 54 verwiesen.

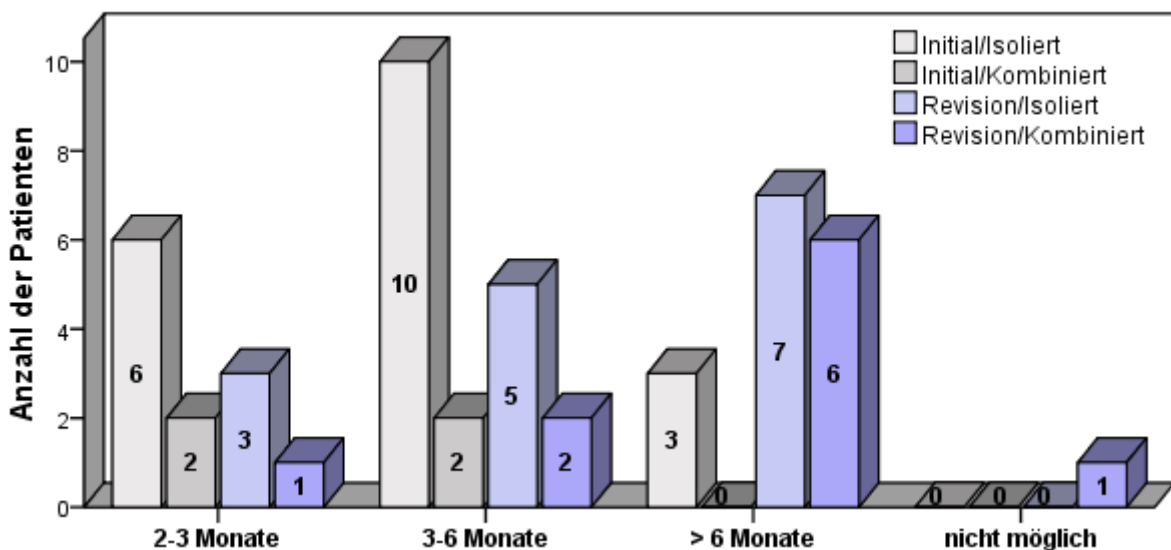


Abb. 52: Wiederaufnahme des Sports

Insgesamt war die Wiederaufnahme des regulären Sports nach 4,6 (SD \pm 2,36) Monaten möglich. Die Initialeingriffe konnten bereits nach 3,6 (SD \pm 1,38) Monaten ihrem regulären Sport nachgehen, während Revisionen im Durchschnitt 5,7 (SD \pm 2,66) Monate benötigten. Es zeigte sich, dass Patienten mit isolierten Ersteingriffen am schnellsten ihren regulären Sport wieder ausüben konnten. Die kombinierten Ersteingriffe konnten ebenfalls spätestens nach 6 Monaten ihrem Sport nachgehen. Bei den isolierten Revisionseingriffen zeigte sich eine langsame Steigerung der Sportwiederaufnahme. Die meisten benötigten mehr als 6 Monate Zeit. Dasselbe gilt für die kombinierten Revisionseingriffe, von denen ein Patient auch 12 Monate postoperativ noch keinen Sport ausüben konnte.

Vor dem Eingriff berichtete kein Patient über ein sehr gutes Befinden während des Sportes. 17 der 48 Patienten die präoperativ Sport ausüben konnten, hatten 8 Initial- und 5 Revisionseingriffe ein Angst-/Unsicherheitsgefühl und 2 Patienten (1x Initial, 1x Revision) eine Einschränkung des Bewegungsausmaßes. Über beide Einschränkungen klagten 2 Patienten mit Ersteingriff. Ein Jahr postoperativ hingegen hatten 23 Patienten (13 Erst- und 10 Folgeeingriffe) ein sehr gutes Befinden beim Sport. Ein Angst-/Unsicherheitsgefühl trat bei 6 Patienten mit Initialeingriff und 7 Patienten mit Revisionseingriff sowie eine alleinige Bewegungseinschränkung bei 14 Patienten (6x Initial, 8x Revision) auf. Unter einem Angst-/Unsicherheitsgefühl wie auch einer Bewegungseinschränkung litten 5 Patienten (1x Erst- und 4x Revisions-eingriff).

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass 32 Probanden (66,7 %) über eine Verbesserung ihrer Sportfähigkeit berichteten und es in 4 Fällen (8,3 %) zu einer Verschlechterung kam. Die Operation hatte bei 12 Patienten (25 %) keinen Einfluss auf die Ausübung des Sports. Die schlechten Ergebnisse in Bezug auf die Sportfähigkeit konnten insbesondere bei den Patienten mit Revisionseingriffen gesehen werden. Diese Resultate bilden sich analog im Tegner Score ab (siehe Abb. 56 und 59).

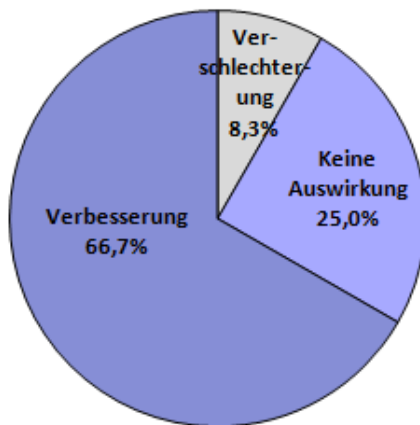


Abb. 53: Veränderung der sportlichen Betätigung 1 Jahr postoperativ

5.2 Subjektive Scores

5.2.1 Gesamtauswertung der Scores

Wie in Abb. 54 dargestellt, wiesen die Patienten im IKDC Score einen Mittelwert (MW) von 53,81 mit einer Standardabweichung (SD) von $\pm 19,59$ vor der Operation auf. 6 Wochen nach der MPFL-Rekonstruktion sank dieser zunächst auf einen MW von 44,59 (SD $\pm 14,98$), wobei bereits 3 Monaten postoperativ der Ausgangswert übertroffen wurde (MW 59,96; SD $\pm 17,73$). Einen MW von 73,11 (SD $\pm 19,52$) erzielten die Patienten 6 Monate postoperativ. Die Abschlusskontrolle zeigte einen MW von 79,41 (SD $\pm 21,39$) auf. Bei jeder Kontrolluntersuchung waren die Veränderungen der Werte höchst signifikant mit $p \leq 0,001$.

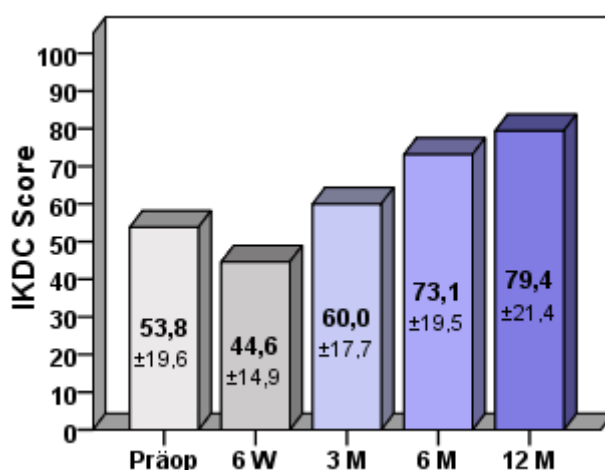


Abb. 54: Outcome des IKDC Scores gesamt

Analog zum IKDC Score entwickelte sich der Kujala und Tegner Score jedoch in ihrer jeweils spezifischen Skalierung (siehe Abb. 55 und 56).

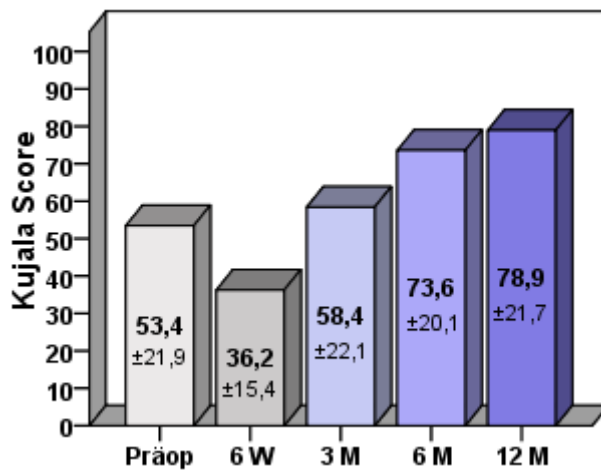


Abb. 55: Outcome des Kujala Scores gesamt

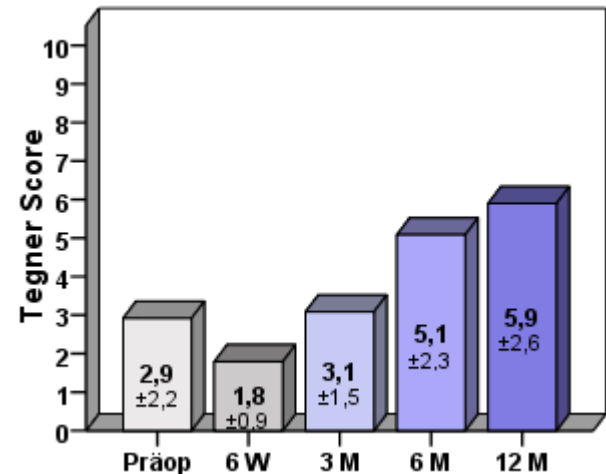


Abb. 56: Outcome des Tegner Scores gesamt

5.2.2 Differenzierung der Ergebnisse nach Subgruppen

Um eine exakte Darstellung der Auswirkungen der einzelnen Operationen zu erreichen, wurde neben Initial- und Revisionseingriffen zusätzlich in isolierte und kombinierte Eingriffe untergliedert.

Der grundsätzliche Verlauf der einzelnen Untergruppen entsprach in allen Scores dem der Gesamtauswertung. Ein Jahr postoperativ konnte bei allen Gruppen eine signifikante Steigerung nachgewiesen werden. Bei der genauen Betrachtung der einzelnen Untergruppen zeigte sich, dass die Initialeingriffe ein Jahr postoperativ signifikant ($p \leq 0,001$) besser abschnitten als die Revisionseingriffe. Betrachtet man die Initialeingriffe, so starteten die kombinierten Eingriffe zwar mit einem deutlich niedrigeren Ausgangswert, jedoch konnten bei der Abschlusskontrolle nahezu identische Ergebnisse erzielt werden. Somit konnten keine signifikanten Unterschiede bei den Initialeingriffen ein Jahr postoperativ ausgemacht werden. Ganz im Gegensatz zu den Revisionseingriffen: hier zeigten sich präoperativ nahezu identische Ausgangswerte, jedoch schnitten die isolierten Revisionseingriffe ein Jahr postoperativ signifikant ($p \leq 0,05$) besser ab als die kombinierten Eingriffe. Die Grafik mit den genauen Werten ist in Abb. 57 dargestellt.

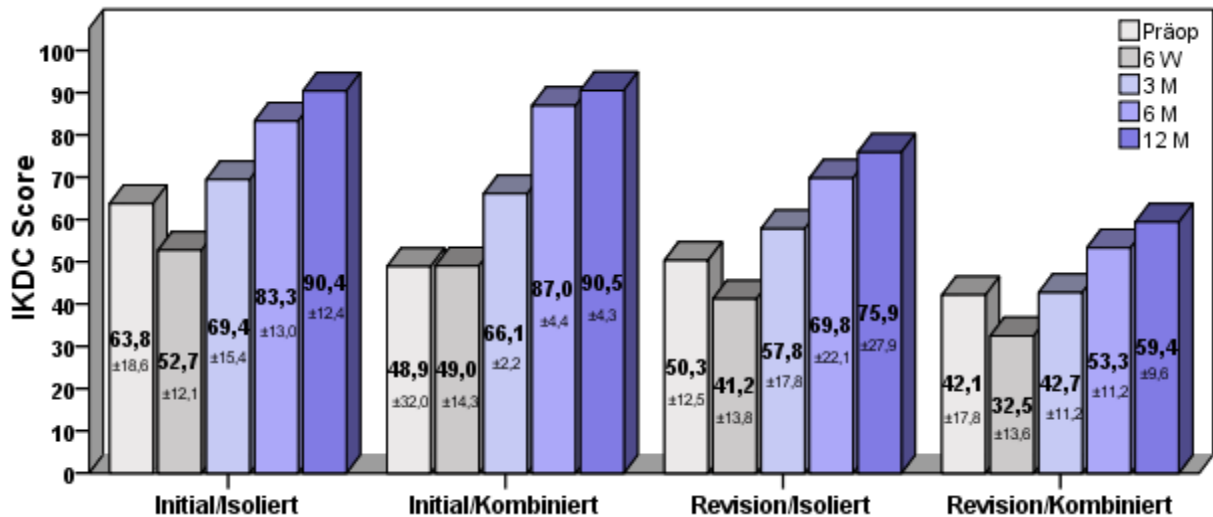


Abb. 57: IKDC Score – Untergruppen

Vergleicht man die Abschlusskontrolle mit der präoperativen Situation, so gaben 21 Patienten mit Initialeingriff und 22 Patienten mit Revisionseingriff ein besseres Befinden als präoperativ an, während sich bei einem Initial- und 3 Revisionseingriffen die subjektiven Ergebnisse verschlechterten. In einem Fall mit Ersteingriff blieben die Ergebnisse gleich.

Dieselbe Entwicklung wie im IKDC-Score spiegelt sich auch im Kujala- und Tegner Score wieder (Abb. 58 und 59).

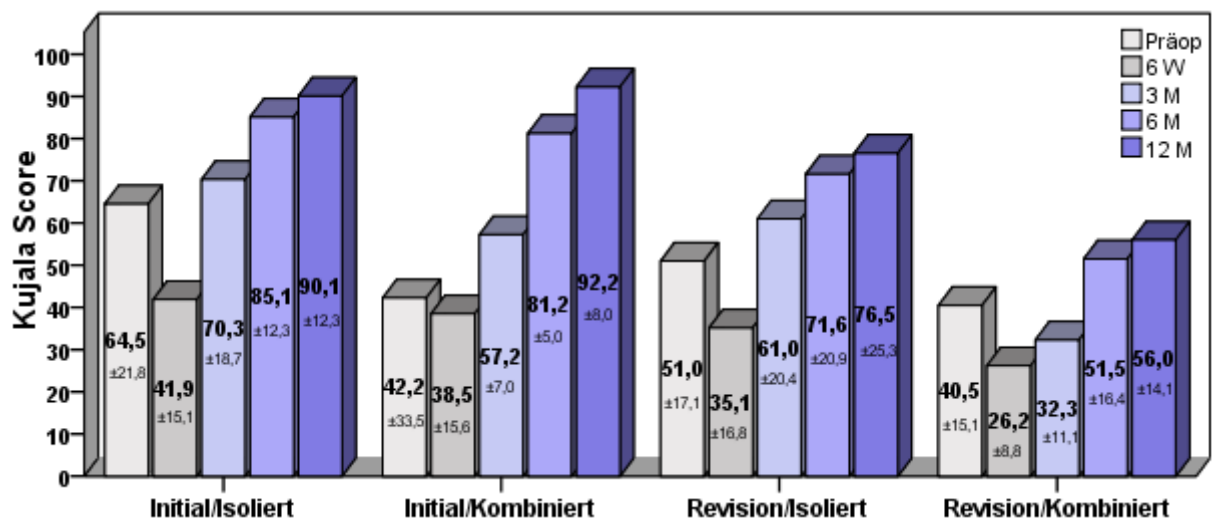


Abb. 58: Kujala Score - Untergruppen

Im Vergleich zu präoperativ erreichten im Kujala Score 21 Patienten mit Ersteingriff und 22 mit Revisionseingriff bessere Ergebnisse ein Jahr postoperativ. Eine

Verschlechterung konnte bei 2 Initialeingriffen und 3 Revisionen festgestellt werden. Dasselbe Ergebnis wie präoperativ trat bei keinem Patienten auf.

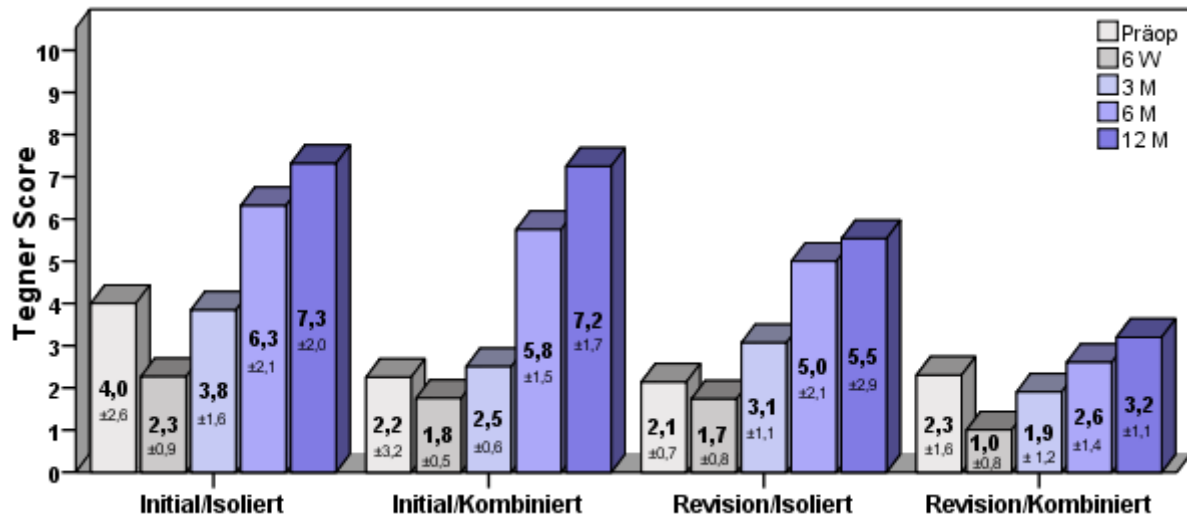


Abb. 59: Tegner Score – Untergruppen

Im Tegner Score kam es bei 21 Initial- und 17 Folgeeingriffen zu einer Verbesserung ein Jahr postoperativ im Vergleich zu der präoperativen Situation. Dasselbe Ergebnis erzielten ein Ersteingriff und 5 Revisionseingriffe, während es bei einem Erst- und 3 Folgeeingriffen zu einer Verschlechterung kam.

Die Einjahresergebnisse der isolierten und kombinierten Operationen der Initialgruppe zeigte in allen Scores exzellente Werte. Betrachtet man nun das Delta der einzelnen Gruppen, das exemplarisch anhand des IKDC Scores erläutert wird, zeigt sich ein neuer Aspekt der Ergebnisse: während der IKDC in der kombinierten Initialgruppe auf 90,5 (SD ±4,3) mit einem Delta (Δ) von 41,7 (SD ±11,7) anstieg, erzielten die isolierten Initialeingriffe einen Wert von 90,1 (SD ±12,4) – ein ähnliches Ergebnis, jedoch nur ein Δ von 23,5 (SD ±22,7) Punkten. Ein signifikanter Unterschied der Deltas fand sich beim Vergleich dieser beider Gruppen miteinander. Vergleichbare Ergebnisse mit nahezu identischen Endwerten aber signifikant unterschiedlichen Anstiegen zeigten sich auch in den anderen Scores.

In der Revisionsgruppe stiegen die Werte des IKDC auf 75,9 (SD ±27,9) ein Jahr postoperativ mit einem Δ von 25,6 (SD ±22,9) bei der isolierten MPFL Rekonstruktion. Die unbefriedigendsten Werte fanden sich in der Gruppe der kombinierten Revisionen. Mit einem Δ von nur 17,2 (SD ±19,2) Punkten erreichten

diese Patienten einen MW von 59,4 (SD \pm 9,6) im IKDC Score ein Jahr postoperativ. Keinen signifikanten Unterschied sah man beim Vergleich der Delta-Werte in der Revisionsgruppe. Diese Ergebnisse spiegeln sich in den anderen Scores wieder.

5.2.3 Einfluss einer Trochleadysplasie

Die Ergebnisse in Abhängigkeit der TD sind exemplarisch mit Hilfe des IKDC Scores ohne Untergliederung in die einzelnen Subgruppen in Abb. 60 dargestellt. Sowohl die Gruppe mit der niedrig- als auch die mit hochgradiger TD verbesserten sich signifikant ein Jahr nach dem Eingriff. Allerdings zeigte sich kein signifikanter Unterschied der Ergebnisse zwischen niedrig- und hochgradiger TD bei allen Nachuntersuchungsterminen inklusive dem Vergleich präoperativ mit einem Jahr postoperativ. Dieser Verlauf spiegelte sich in allen Scores sowie bei dem Vergleich der einzelnen Subgruppen wieder.

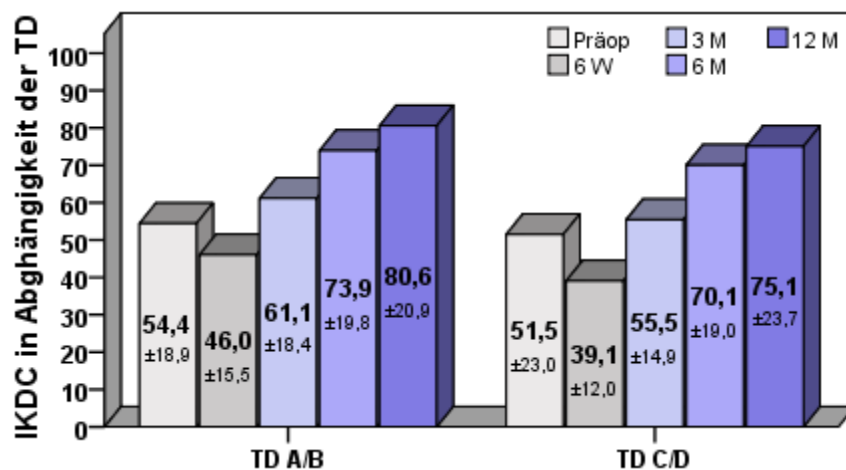


Abb. 60: IKDC gesamt in Abhängigkeit der TD

5.3 Ergebnisse der klinischen Untersuchung

5.3.1 Inspektion und Palpation

In dem vorliegenden Patientengut konnte in 25 Fällen bei der Betrachtung der Beinachse ein prädisponierendes Genu valgum beobachtet werden. 7 Probanden wiesen ein Genu varum und 16 Patienten eine gerade Beinachse auf.

Bei der Betrachtung des Gangbildes konnte präoperativ bei 24 Probanden ein starkes und bei 10 Fällen ein leichtes Intoeing nachgewiesen werden. Kein Intoeing

fand sich bei 14 Patienten. Beim erstmaligen Gehen ohne Schiene nach 6 Wochen zeigte sich 12-mal ein starkes und 17-mal ein leichtes Intoeing. Bereits 3 Monate postoperativ konnte eine deutliche Verbesserung des Ganges und auch des Intoeing beobachtet werden. 20 Patienten wiesen nur noch ein leichtes Intoeing auf, während ein starkes bei 6 Patienten gesehen werden konnte. Die Abschlusskontrolle lieferte nur noch bei 4 Patienten ein starkes Intoeing. 18 Patienten hatten ein leichtes und 26 Patienten kein Intoeing mehr.

Bei allen Patienten zeigte sich präoperativ eine regelrechte DMS und es lagen reizlose Narben- und Hautverhältnisse vor. Bei keinem Patienten konnten Entzündungszeichen diagnostiziert werden, jedoch kam es bei einem Revisionsfall zu einer Überwärmung des Kniegelenkes. Sechs Wochen postoperativ zeigten sich in allen Fällen reizlose Narben- und Hautverhältnisse. Im Bereich der Narben hatten 31 Patienten eine Hyposensibilität, während 17 Patienten eine regelrechte DMS aufwiesen. Zudem zeigte sich bei 11 von 48 Patienten eine Überwärmung des Knies, jedoch war bei keinem Entzündungszeichen festzuhalten. Als Komplikation trat 3 Monate postoperativ bei einem Initialeingriff sowie 6 Monate postoperativ bei 2 Revisionseingriffen eine glänzende Haut mit teilweise lividen Verfärbungen im Rahmen eines Complex regional pain syndrom (CRPS) auf. 3 Monate postoperativ hatten 22 von 48 Patienten eine Hyposensibilität im Bereich der Narben. Eine Überwärmung war noch bei 7 Revisionspatienten festzustellen. Bei der Abschlusskontrolle wies noch ein Patient eine glänzende Haut mit lividen Verfärbungen auf. Eine Hyposensibilität zeigte sich bei 17 Patienten, wobei es sich hierbei um 15 Revisionsfälle handelte. Bei den restlichen Patienten ergab sich ein unauffälliger Befund.

Präoperativ hatten 30 der 48 Patienten Crepitationen (11x Initial- und 19x Revisionseingriffe). Diese persistierten bis zur Abschlusskontrolle bei 5 Initial- und bei 15 Revisionseingriffen. Es handelte sich hierbei jedoch in keinem Fall um schmerzhaftes Crepitationen.

Bei der weiteren Inspektion und Palpation konnte bei allen in Abb. 61 aufgelisteten Pathologien ein Rückgang verzeichnet werden. Eine präoperativ in 23 Fällen vorhandene Schwellung, zeigte sich bei der ersten postoperativen Kontrolle noch

nahezu in allen Fällen. Danach sank diese Anzahl jedoch signifikant und persistierte in 5 Revisionseingriffen ein Jahr postoperativ. Ein Kniegelenkserguss lag vor dem Eingriff bei 16 Patienten vor, der bereits nach der Operation stark sank und in der Abschlusskontrolle nur noch in 3 Folgeeingriffen zu sehen war. Eine „mediale softness“ trat präoperativ bei 28 Patienten auf und war bei 10 Patienten in den Folgeuntersuchungen weiterhin palpabel. 14 Fälle zeigten präoperativ eine starke „laterale softness“ auf, die nach der Operation weiterhin bei 10 Patienten persistierte. Nahezu die Hälfte der Patienten wies einen positiven Patellakompressionstest und eine schmerzhafte Patellaverschieblichkeit auf. Diese waren postoperativ insbesondere bei Patienten mit Knorpeldegenerationen weiterhin vorhanden. Durch die MPFL-Rekonstruktion konnte eine in 44 Fällen vorhandene Hypermobilität der Patella bis auf 2 Fälle behoben werden. Eine vermehrte mediale Instabilität konnte zudem bei 8 Revisionen mit vorangegangenem ausgedehntem Lateral Release beobachtet werden. Diese mediale Instabilität konnte durch einen zusätzlichen lateralen Kulissenverschluss in allen Fällen behoben werden.

	Präop		6 W postop		3 M postop		12 M postop	
Schwellung	pos.	23	pos.	44	pos.	19	pos.	5
Erguss	pos.	16	pos.	12	pos.	5	pos.	3
Mediale softness	pos.	28	pos.	10	pos.	10	pos.	10
Laterale softness	pos.	14	pos.	11	pos.	11	pos.	10
Patella kompressionstest	pos.	23	pos.	15	pos.	10	pos.	14
Schmerzh. P.-verschieblichkeit	pos.	20	pos.	8	pos.	5	pos.	9
Patellahypermobilität	pos.	44	pos.	0	pos.	0	pos.	2

Abb. 61: Pathologische Testergebnisse der klinische Untersuchung

Ein positiver medialer Facettendruckschmerz trat vor der Operation in 15 Fällen, ein lateraler Facettendruckschmerz in 2 und ein kombinierter Facettendruckschmerz in 16 Fällen auf. Kein Facettendruckschmerz konnte in 15 Fällen nachgewiesen werden. Bei der ersten postoperativen Nachuntersuchung trat lediglich noch 12-mal medial und 12-mal beidseits ein Facettendruckschmerz auf. 3 Monate postoperativ wiesen 11 Patienten einen medialen, einer einen lateralen und 5 Probanden beidseits einen Druckschmerz (DS) an der Patellafacette auf. Abgesehen von einem Initialeingriff persistierte der Facettendruckschmerz nur bei Revisionseingriffen.

Dabei konnte in 8 Fällen medial und 4x beidseits ein Facettendruckschmerz provoziert werden.

Bei der weiteren Palpation des Knies fand sich vor der Operation in 20 Fällen ein DS über dem medialen Gelenkspalt mit einem eindeutig lokalisierbaren DS über dem MPFL bei 8 Patienten. Die Revisionsfälle zeigten zudem starke Schmerzen aufgrund fehlgeschlagener Voroperationen: Im Bereich der VMO-Raffung hatten 9 der 11 Patienten starke Schmerzen. Im Falle eines vorangegangenen ausgeprägten Lateral Release gaben 10 von 11 Patienten in diesem Bereich sowie zudem 5 Fälle über dem distalen Tractus iliotibiales starke DS an. Je ein Patient gab Schmerzen über dem medialen und lateralen Femurkondylus sowie 5 Patienten über dem palpablen Anteil der Trochlea an. Bereits 6 Wochen nach dem Eingriff kam es zu einem deutlichen Rückgang der palpablen Schmerzen. Über dem medialen Gelenkspalt hatten 14 Probanden und über dem lateralen Gelenkspalt 6 Patienten DS. Durch den lateralen Kulissenverschluss traten nur noch in 3 Fällen diskrete Schmerzen auf, jedoch persistierten die Schmerzen über dem distalen Tractus bei 5 Patienten. Zu einem Anstieg der palpablen Schmerzen kam es über dem medialen Femurkondylus, insbesondere im Gebiet der femoralen Schraube (11x). 2 Patienten mit suprakondylärer Umstellungsosteotomie gaben Schmerzen über dem Plattenlager an und ein Patient über der Tuberositas tibiae nach einer Tuberositasrückversetzung. Lediglich 2 Patienten gaben über der Sehnenentnahmestelle Schmerzen an. 3 Monate postoperativ persistierten die Schmerzen über dem medialen und lateralen Gelenkspalt sowie im Bereich des früheren lateralen Release und dem Tractus iliotibialis bei denselben Patienten. Der DS über dem medialen Femurkondylus war noch bei 8 Patienten zu sehen. Dasselbe Bild zeigte sich auch bei der Abschlusskontrolle. Hier ist jedoch hervorzuheben, dass bei lediglich 4 Initialeingriffen Druckschmerzen im Bereich der femoralen Schraube (3x) sowie über dem medialen Gelenkspalt (2x) diskret persistierten. Alle anderen gehörten der Gruppe der Revisionseingriffe an.

5.3.2 Bewegungsausmaß

Die Messung des Bewegungsausmaßes zeigte insgesamt bei der Flexion eine signifikante Verbesserung im Vergleich zu präoperativ. Vergleichbar mit dem Verlauf der Scores, kam es postoperativ primär zu einer signifikanten Verschlechterung von MW 129,27° (SD ± 23,34°) präoperativ auf einen MW 96,88° (SD ± 20,75°)

6 Wochen postoperativ. Danach kam es bei jeder Kontrolle wieder zu einer signifikanten Steigerung bis auf einen MW von $138,85^\circ$ (SD $\pm 13,38$) ein Jahr postoperativ. Differenziert man zwischen Initial- und Revisionsgruppe, so verbesserten sich die Ersteingriffe ein Jahr postoperativ mit einem MW von $142,17^\circ$ (SD $\pm 9,27$) signifikant im Vergleich zu präoperativ (MW $131,52^\circ$, SD $\pm 23,13$). Im Gegensatz hierzu kam es bei den Revisionen zu keiner signifikanten Verbesserung: Präoperativ erzielte diese Gruppe einen MW von $127,20^\circ$ (SD $\pm 23,81$) und steigerten sich ein Jahr postoperativ lediglich auf einen MW von $135,80^\circ$ (SD $\pm 15,86^\circ$). Der Verlauf entsprach in beiden Gruppen dem der Gesamtgruppe. Die genauen Werte der einzelnen Subgruppen können der Abb. 62 entnommen werden.

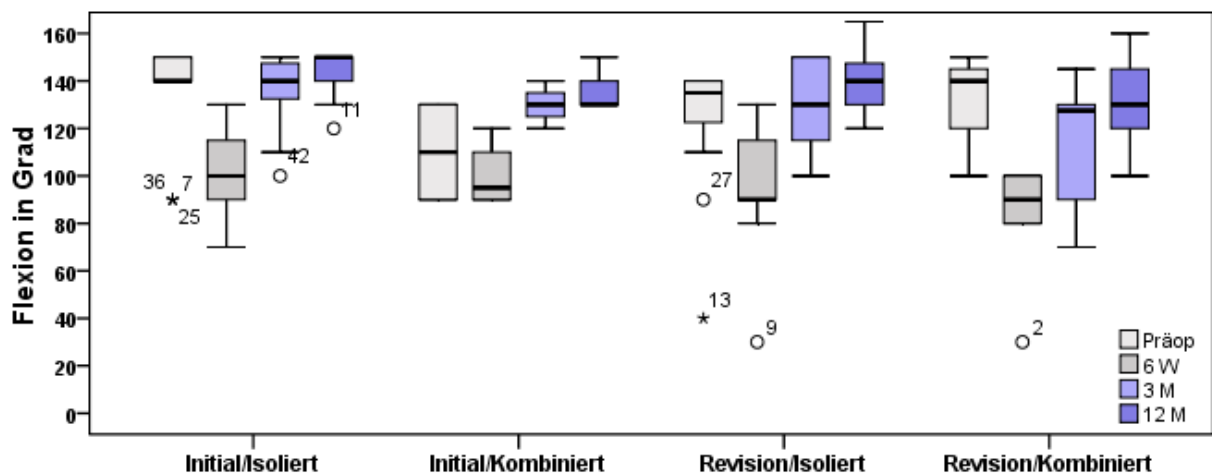


Abb. 62: Flexion der operierten Extremität

Im Vergleich zu präoperativ erzielten 17 Ersteingriffe dieselbe oder eine höhere Flexion ein Jahr postoperativ, während es bei 6 Patienten zu einer minimalen Verschlechterung der Flexion kam. Ein ähnliches Bild zeigte sich bei den Revisionen. 18 Patienten erzielten die gleiche Flexion oder verbesserten sich und 7 Patienten hatten eine Verschlechterung der Flexion. Präoperativ wiesen 14 Initial- und 20 Revisionspatienten ein starkes Flexionsdefizit $<110^\circ$ auf. Bei der Abschlusskontrolle zeigten lediglich 2 Revisionen noch ein starkes Flexionsdefizit auf, jedoch konnten beide 100° Flexion erreichen. Ein schmerzbedingtes Flexionsdefizit fand sich bei 4 Initial- und 6 Revisionseingriffen präoperativ. 6 Wochen postoperativ trat es bei je 12 Patienten der beiden Gruppen auf. 5 Erst- und 18 Folgeeingriffe klagten 3 Monate postoperativ über eine schmerzbedingte Einschränkung der Flexion. Diese war bei der Abschlusskontrolle nur noch bei einem

Patienten zu sehen. Bei den Revisionseingriffen sank die Anzahl der schmerzbedingten Flexionseinschränkungen auf 7 Fälle.

In Abb. 63 wird die max. Extension dargestellt. Hier wurde die Nullstellung aus Darstellungsgründen integriert. Positive Werte bedeuten dabei ein Extensionsdefizit, negative Werte eine Überstreckbarkeit der Extremität über die Nullstellung hinaus.

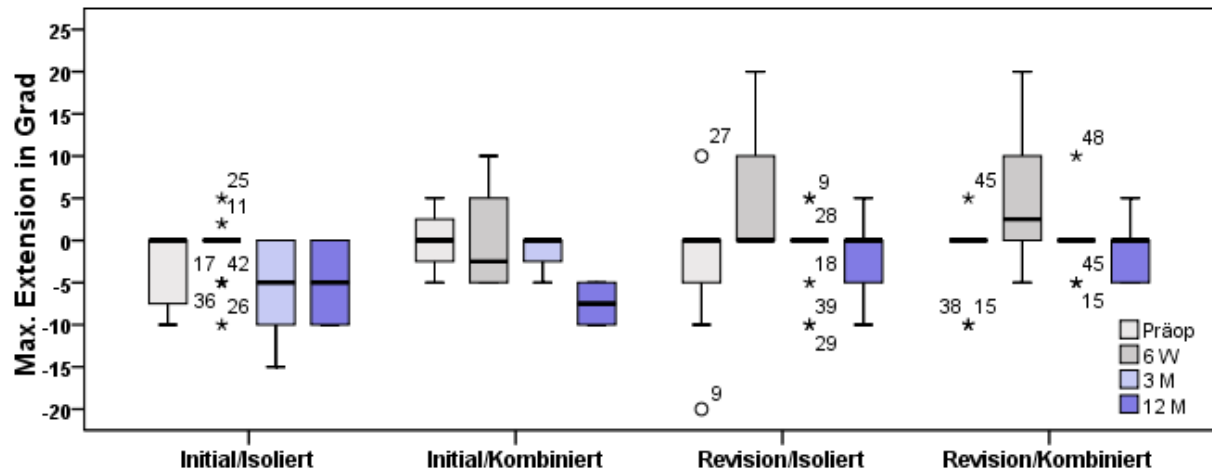


Abb. 63: Extension der operierten Extremität

Ein Extensionsdefizit wiesen präoperativ 2 Initialeingriffe zwischen 2° und 5° auf. Ein deutlich stärkeres Defizit hatten 12 Revisionseingriffe. Bei der Abschlusskontrolle konnten alle Patienten mit Ersteingriff die Nullstellung erzielen. Lediglich 2 Revisionspatienten hatten noch ein diskretes Extensionsdefizit. Im Vergleich zu präoperativ wiesen 21 Initial- und 19 Revisionseingriffe die gleiche Extension ein Jahr postoperativ auf oder verbesserten sich. Eine Verschlechterung der Extension zeigte sich bei 6 Patienten mit Folgeeingriff und bei 2 Ersteingriffen.

5.3.3 Spezifische Tests des Patellofemoralgelenks

Wie in Abb. 64 zu sehen ist, hatte jeder Patient ein positives Apprehension sign zwischen 0° - 30° präoperativ, in der das MPFL die hauptverantwortliche Struktur gegen eine laterale Patellaluxation ist. Zudem trat bei 3 Patienten ein positives Apprehension sign über 60° auf, bei denen eine suprakondyläre Umstellungsosteotomie durchgeführt wurde. Die genauen Gradeinteilungen in denen die Patienten ein positives Apprehension sign zeigten, können Abb. 66 entnommen werden. Bei jeder postoperativen Kontrolle war das Apprehension sign bei allen Patienten negativ. Ebenfalls konnte weder eine Subluxation noch eine Patellaluxation postoperativ vermerkt werden.

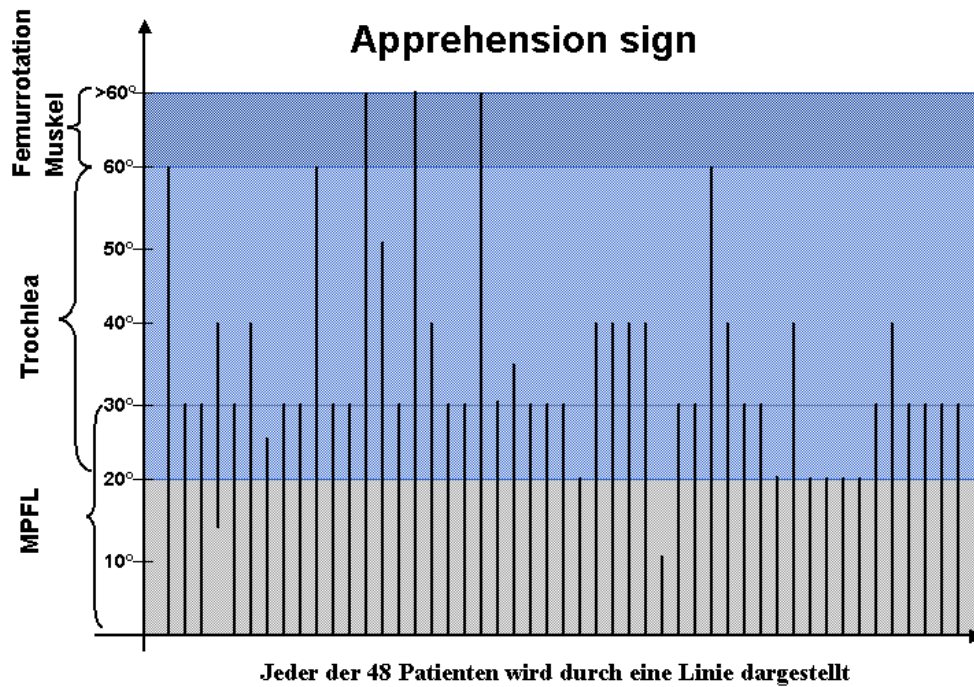


Abb. 64: Apprehension sign präoperativ

Ein positives J-sign lag präoperativ bei 36 von 48 Patienten vor. Postoperativ persistierte das J-sign in 7 Fälle. Hierbei handelte es sich insbesondere um Patienten mit höhergradiger TD.

Vor der MPFL-Rekonstruktion wiesen 5 Initial- und 12 Revisionseingriffe einen positiven Schöttle Test auf, während es bei der Abschlusskontrolle noch 11 Patienten waren. 9 Patienten zeigten bei jeder Kontrollen dasselbe Testergebnis (schwarze Punkte/Linien). Bei 6 Patienten (grüne Punkte/Linien) konnte nach der Rekonstruktion kein positiver Test nachgewiesen werden. Demgegenüber trat erstmals ein positiver Schöttle Test bei 2 Revisionspatienten ein Jahr postoperativ auf (rote Punkte/Linien). Jeder Patient, der einen positiven Schöttle Test aufwies, wird durch einen Punkt/Linie dargestellt (siehe Abb. 65).

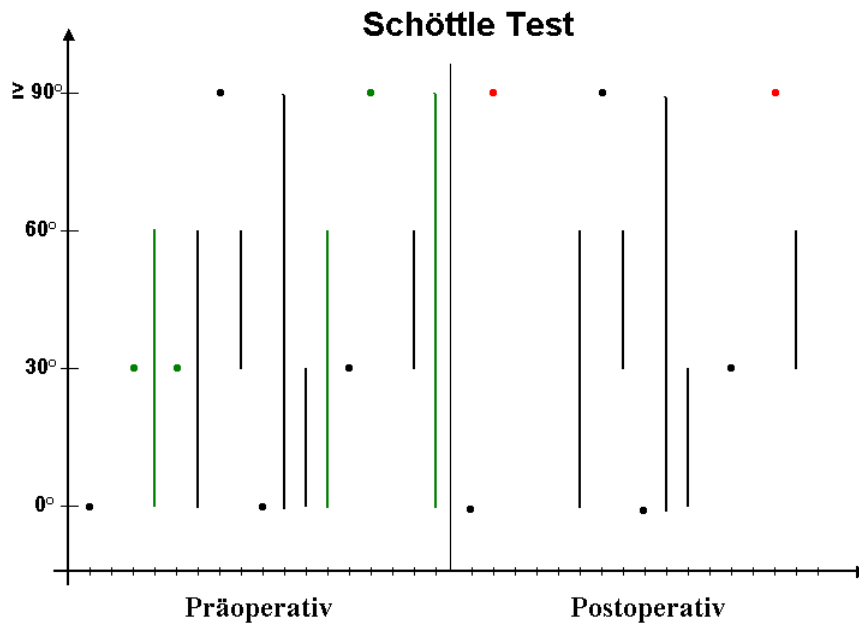


Abb. 65: Ergebnisse des Schöttle Tests

5.4 Radiologische Ergebnisse

5.4.1 Konventionelle Radiologie

Das Röntgen zeigte ein Jahr postoperativ keine Verschlechterung oder neu aufgetretene degenerative Veränderungen im Kellgren/Lawrence Score auf. Es fanden sich jedoch in 38 Fällen (81 %) Ossifikationen im Bereich der patellaren Fixationsstellen im Vergleich zu präoperativ. Zudem hatten 9 Patienten Flake fractures präoperativ, die intraoperativ entfernt oder refixiert wurden sowie postoperativ nicht mehr nachgewiesen werden konnten.

Präoperativ zeigte die Auswertung der Patellahöhe anhand des CDR einen pathologischen MW von 1,28 (SD \pm 0,23) und somit eine Patella alta (CDR > 1,2). Insgesamt kam in 30 Fällen (62,5%) ein Patellahochstand präoperativ vor. Durch die MPFL-Rekonstruktion konnte ein physiologischer MW von 1,08 (SD \pm 0,16, $p \leq 0,001$) ein Jahr postoperativ erzielt werden. In 8 Fällen (16,6%) konnte die Patella alta nicht behoben werden. Abgesehen von 2 Patienten, konnte jedoch bei allen die Patellahöhe gesenkt werden. In einem Fall trat 6 Monate postoperativ eine Patella baja (CDR < 0,8) auf, die persistierte. Hierbei handelte es sich um einen Patienten mit Revisionseingriff, der an einer postoperativen Arthrofibrose litt (Abb.66).

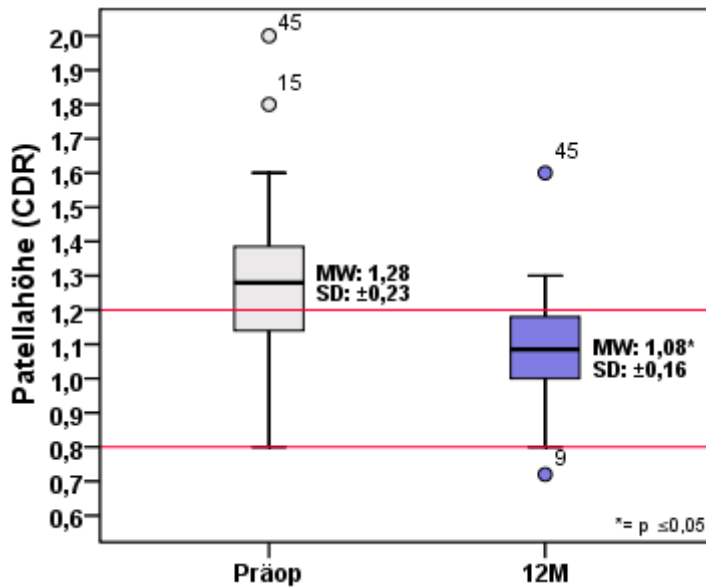


Abb. 66: Ergebnisse der Patellahöhe

Unter 4.4.1 wurde die exakte anatomische femorale Insertion bereits beschrieben. Diese Abbildung (Abb. 45) wurde zur genaueren Darstellung und Auswertung modifiziert: aus den 3 Hilfssenkrechten wurde nach anterior ein Quadrat gebildet und in den Mittelpunkt dessen ein Achsenkreuz gelegt. Somit stellt der Mittelpunkt dieses Achsenkreuzes den biomechanisch optimalen femoralen Insertionspunkt dar. Damit konnten die tatsächlichen 48 Insertionspunkte durch den Shift entweder in anteriore/posteriore- oder proximal/distale Richtung genau definiert und ausgewertet werden (Abb. 67).

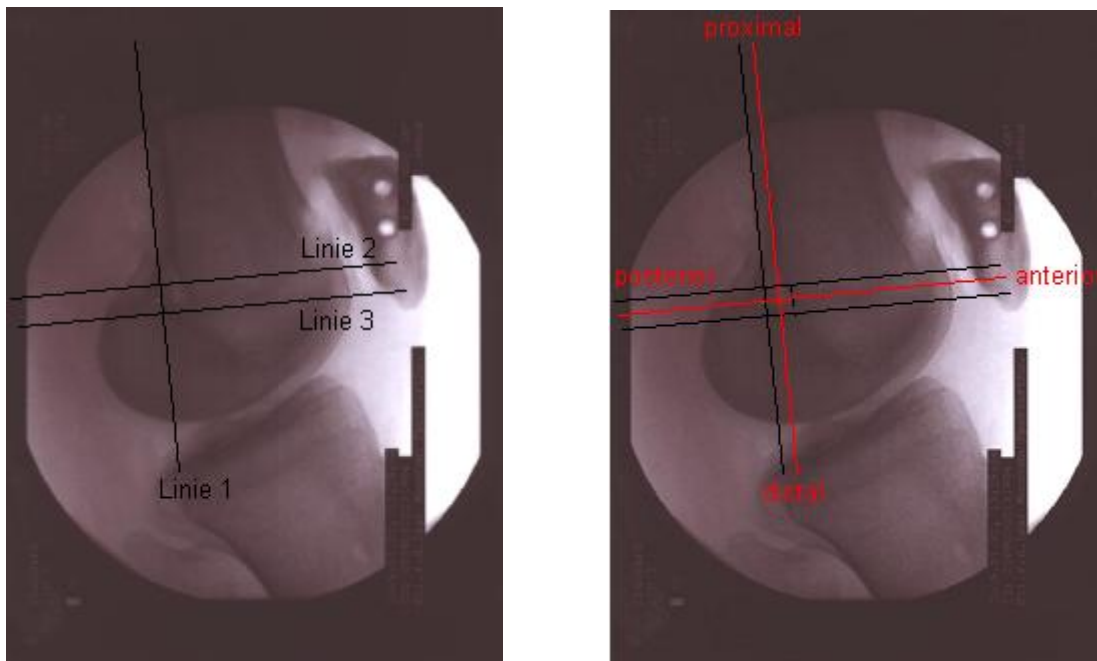


Abb. 67: Definition der femoralen Insertion

Die präzise Auswertung der 48 femoralen Insertionen ist in Abb. 68 in cm dargestellt. Der rote Kreis markiert die 5 mm Grenze. Alle Punkte innerhalb dieses Kreises (n=28, 58,3 %) sind komplett anatomisch platziert. Die Punkte zwischen dem roten und dem blauen Kreis (Durchmesser 8 mm; n=13, 27,1 %) garantieren zumindest, dass mehr als 50 % des femoralen Tunnels mit einem Durchmesser von 6 mm sich innerhalb des anatomischen Insertionsgebietes befindet.

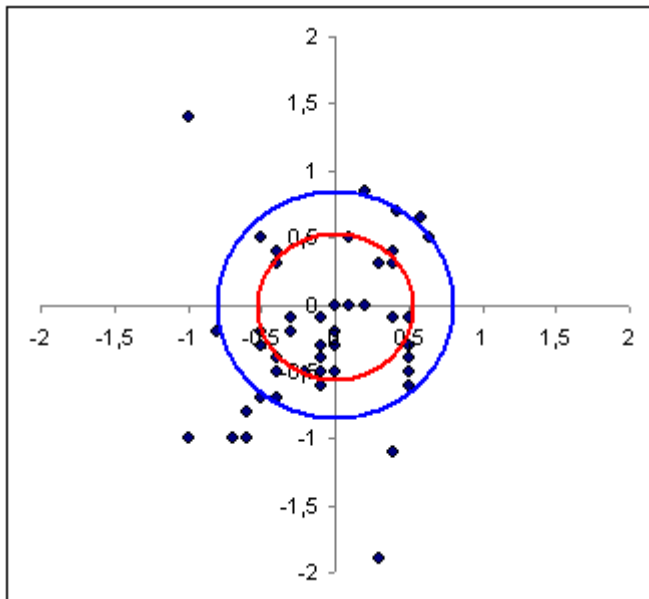


Abb. 68: Auswertung der femoralen Insertion

5.4.2 Magnetresonanztomographie

In den MRT Bildern zeigte sich die Rupturstelle bzw. Dysplasie des MPFL 30-mal (62,5 %) femoral und 6-mal (12,5 %) patellar. Bei 9 Patienten (18,8 %) konnte es femoral sowie patellar und 3-mal (6,2 %) intramural nachgewiesen werden. Ein Jahr postoperativ konnten aufgrund des Gesundheitssystems lediglich bei 39 Patienten ein MRT angefertigt werden. Bei diesen konnte das Graft postoperativ in allen Fällen identifiziert werden.

Eine niedriggradige TD vom Typ A oder B nach D. Dejour fand sich bei 38 Patienten (79,1 %; Typ A 10, 20,8 %; Typ B 28, 58,3 %). Die 10 höhergradigen TD (20,9 %) gliederten sich in 9 Fälle mit Typ C (18,8 %) und in einen Fall mit Typ D (2,1 %) auf.

Im Vergleich zu dem präoperativen Befund, konnte eine milde Progression von Knorpeldegeneration in 8 Fällen (16,7 %) innerhalb desselben Grades sowie eine mäßige Progression bei 4 Patienten (8,3 %) auf die nächste Gradstufe festgestellt

werden. Diese Verschlechterung des Knorpels wurde bei allen Patienten im Bereich bereits präoperativ existierender Knorpeldegenerationen gefunden. 36 Patienten (75,0 %) zeigten weder neu aufgetretene noch eine Verschlechterung bereits präoperativ existierender Knorpeldegenerationen ein Jahr postoperativ auf. Vor dem Eingriff waren auch in der Schnittbildgebung die 9 Fälle mit Flakes sichtbar, die durch die Operation entfernt oder refixiert wurden. Die Auswertung ist exemplarisch anhand des ICRS im Bereich der Patella und des Femur in Abb. 69 dargestellt.

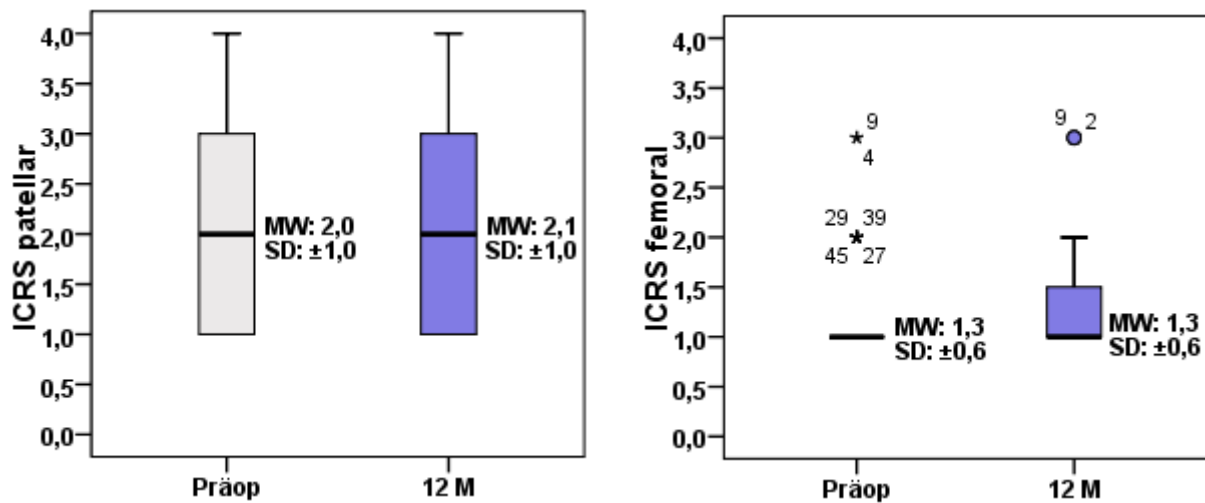


Abb. 69: Ergebnisse des ICRS patellar und femoral

Wertete man den ICRS in Abhängigkeit der TD aus, so zeigte sich kein signifikanter Unterschied des Outcome in allen Scores zwischen niedrig- und hochgradiger TD (siehe Abb. 70).

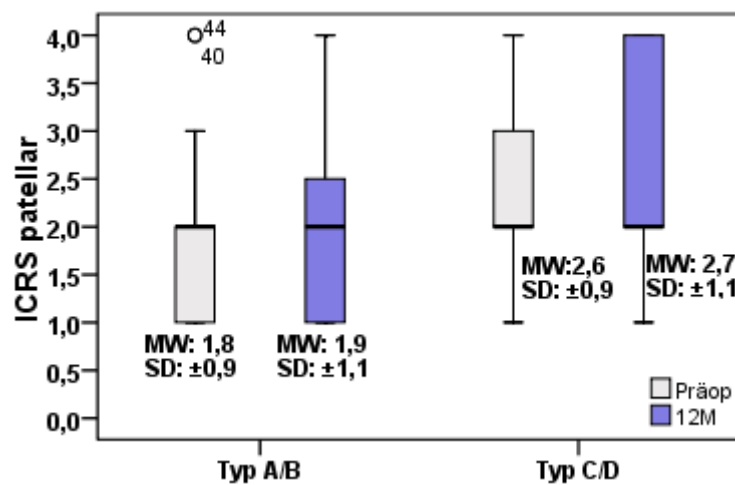


Abb. 70: ICRS in Abhängigkeit der TD

Der patellare Tilt, der anhand von axialen Bildern ausgewertet wurde, sank signifikant von $18,2^\circ$ ($SD \pm 10,1^\circ$) auf $11,0^\circ$ ($SD \pm 10,0^\circ$) bei der Abschlusskontrolle (Abb. 71). Dabei konnte durch die MPFL Rekonstruktion in 29 Fällen der patellare Tilt gesenkt werden. 9 Patienten hatten denselben Wert wie präoperativ. Lediglich bei einem Patienten erhöhte sich der Tilt postoperativ. 4 physiologische Werte präoperativ konnten auf 14 physiologische Tilt Ergebnisse postoperativ gesteigert werden. Kein signifikanter Unterschied der Ergebnisse fand sich unter Berücksichtigung der TD.

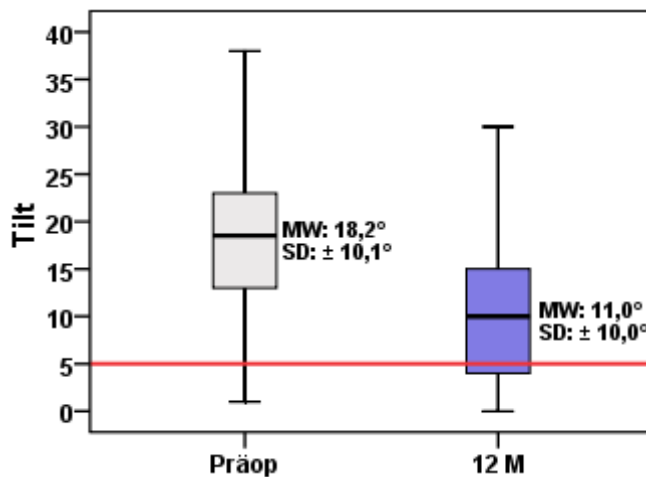


Abb. 71: Ergebnisse des patellaren Tilt

Der MW des patellaren Shift konnte durch die MPFL Rekonstruktion von präoperativen 6,5 mm ($SD \pm 3,0$ mm) auf 3,3 mm ($SD \pm 2,0$ mm) bei der Abschlusskontrolle gesenkt werden. 28 Patienten erzielten einen niedrigeren Wert als präoperativ, 10 Patienten dasselbe Ergebnis und ein Patient verschlechterte sich. Auch hier fand sich kein Unterschied, wenn man die Ergebnisse in Abhängigkeit der TD auswertete.

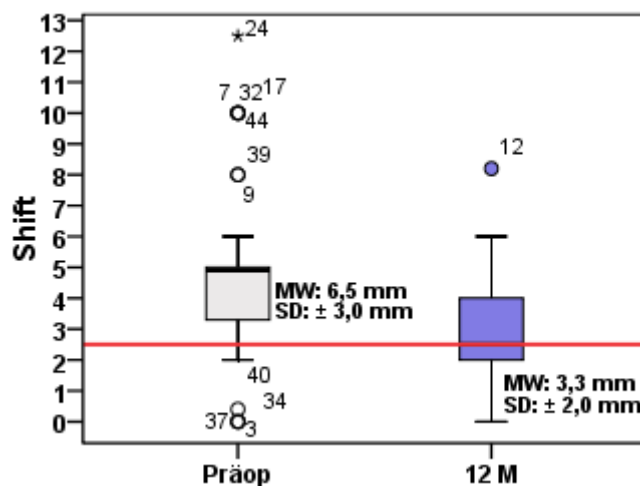


Abb. 72: Ergebnisse des patellaren Shift

Der präoperative TTTG Abstand hatte einen MW von 13,95 mm (SD \pm 4,2). Abgesehen von 3 Patienten wiesen alle Probanden einen physiologischen TTTG Abstand zwischen 10 mm und 20 mm auf. Die 3 pathologischen TTTG Abstände von < 10 mm fanden sich bei Fällen mit vorangegangener Tuberositasmialisierung. Bei diesen Patienten wurde zur Normalisierung des TTTG Abstandes eine zusätzliche Rückversetzung der Tuberositas durchgeführt. Durch diesen Eingriff konnte bei allen Patienten ein physiologischer TTTG Abstand wiederhergestellt werden.

5.5 Komplikationen

Komplikationen traten hauptsächlich bei Patienten mit Revisionseingriffen auf. Bei 2 Patienten mit Revisionseingriffen musste jeweils eine Arthroskopie (ASK) mit Arthrolyse durchgeführt werden (2 Monate und 9 Monate postoperativ). Als weitere Komplikation wurde bei 3 Patienten ein Complex regional pain syndrome (CRPS) diagnostiziert. Bei einem Initialeingriff trat es bereits 3 Monate postoperativ auf und bei 2 weiteren Revisionseingriffen wurde es 6 Monate postoperativ festgestellt.

Rückblickend würden 41 Patienten dieselbe Operation nochmals durchführen lassen, während 7 Patienten sich gegen diesen Eingriff entscheiden würden. Diese fanden sich vor allem in der Gruppe der Initialeingriffe. Argumente dagegen waren insbesondere die lange Rehabilitationszeit, der lange Gebrauch von Unterarmgehstützen und infolge dessen die Muskelatrophie der entsprechenden Extremität.

5.6 Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse

Folgende Punkte waren die signifikantesten Ergebnisse dieser Arbeit:

- Signifikante Verbesserungen ($p \leq 0,05$) der subjektiven Scorewerte (IKDC, Tegner, Kujala) aller Gruppen nach Rekonstruktion des MPFL sowohl als isolierte und kombinierte Therapie der patellofemorale Instabilität.
- Signifikanter Rückgang sowohl der Schmerzintensität als auch -dauer in Bezug auf die Visual Analog Scale (VAS).

-
- Wiederaufnahme des Sports im Durchschnitt nach 4,6 (SD \pm 2,36) Monaten; Initialeingriffe nach 3,6 (SD \pm 1,38) Monaten, Revisionseingriffe nach 5,7 (SD \pm 2,66) Monaten.
 - Die subjektive Luxationsangst gemessen anhand des Apprehension signs konnte bis 1 Jahr postoperativ nicht mehr nachgewiesen werden. Persistierendes J-sign in 7 von 36 Fällen aufgrund höhergradiger TD.
 - Signifikante Reduzierung der pathologisch erhöhten Mittelwerte der radiologisch bestimmten Patellahöhe, des patellaren Tilt und Shift nach isolierter oder kombinierter MPFL-Rekonstruktion.
 - Geringe Anzahl an postoperativen Komplikationen: 3 Patienten wiesen im beobachteten Zeitraum ein Complex regional pain syndrome auf. Bei zwei weiteren kam es zu einer Arthrofibrose, welche in einem arthroskopischen Folgeeingriff gelöst werden konnte.

6 Diskussion

Ziel eines jeden operativen Eingriffes bei Zugrundeliegen einer chronischen PFI oder eines Schmerzsyndroms aufgrund eines patellofemorales Maltrackings sollte die Wiederherstellung der patellofemorales Stabilität mit einer schmerzfreien Gelenksituation sein. Dies sollte unter Zurückführen in eine normale Physiologie und Kinematik erfolgen.⁹⁷ Entsprechend den Stabilisatoren des patellofemorales Gelenkes existieren verschiedene operative Ansätze.^{17, 35, 56, 83, 106, 108, 136} Als bisherige und immer noch weit verbreitete Operationsverfahren einer PFI werden VMO-Raffung, Lateral Release und Tuberositasmedialisierung angesehen. Betrachtet man jedoch die anatomische Morphologie und Pathomorphologie, so adressieren diese Eingriffe in den meisten Fällen primär nicht die zugrundeliegende Pathologie. Aufgrund dessen ist die Behandlung der PFI weiterhin herausfordernd. In den letzten Jahren konnte in klinischen und biomechanischen Studien die Bedeutung der verschiedenen Stabilisatoren evaluiert werden.^{5, 6, 67, 133} Insbesondere wurde dabei die Wichtigkeit des MPFL als passiver Stabilisator in frühen Flexionsgraden belegt. Aus diesem Grund richten sich nun jüngste operative Ansätze nach der diagnostizierten Pathomorphologie der stabilisierenden Strukturen der Patella.

Ziel dieser Studie war es, prospektiv erfasste Ergebnisse nach einer MPFL-Rekonstruktion mit einem Mindest-Follow-up von einem Jahr zu erheben. Als OP-Technik wurde dabei eine anatomische Doppelbündelrekonstruktion des MPFL mit autologer Gracilissehne sowie indirekter patellarer Fixation gewählt. Dies ist nach aktuellem Stand (pubmed research) die erste prospektive Studie zur MPFL-Rekonstruktion die Risikofaktoren und eine Differenzierung in Primär- und Revisionseingriff berücksichtigt. Zudem wurde zwischen isolierten und kombinierten MPFL-Rekonstruktionen unterschieden und diese miteinander verglichen.

6.1 Subjektiver Fragebogen

Kürzlich veröffentlichte Studien berichteten über gute Ergebnisse nach einer MPFL-Rekonstruktion mit einer Stabilitätsrate zwischen 83-100%.^{3, 30, 32, 42, 104, 119, 127, 144} In Studien von Nomura und Inoue¹⁰⁷ sowie von Cossey³⁰ traten weder Subluxationen noch Reluxationen auf. Demgegenüber berichteten Drez et al.⁴⁴, Nomura et al.¹⁰⁴

und Schöttle et al.¹²⁷ jeweils über einen Patienten mit Reluxation bzw. Subluxation, während sich bei Deie et al.³² 4 Patienten mit einer Subluxation postoperativ vorstellten. Obwohl dabei verschiedene Techniken für die MPFL-Rekonstruktion angewendet wurden, stimmen diese Resultate mit unseren Beobachtungen überein. In dieser Studie zeigte sich eine Stabilitätsrate nach einem Jahr von 100%. Diesbezüglich sollte man die kürzlich aufgekommene Kritik an der Fadenankertechnik bedenken. Es wurde behauptet, dass die Fadenankertechnik deutlich schwächer ist als die „Through-tunnel“ Rekonstruktion.^{25, 99, 119} Demgegenüber konnte diese Studie hervorragende Ergebnisse und keine Reluxation oder Subluxation ein Jahr postoperativ aufweisen. Man nimmt an, dass dies durch eine knöcherne Integration des Grafts in die zuvor geschaffene Rinne erreicht wird und somit zu einer erhöhten sekundären Stabilität führt. Um dieses knöcherne Einwachsen in der präsentierten Studie zu erzielen, benötigt man jedoch ein intensives, länger andauerndes Rehabilitationsschema, das unter Kapitel 3.2.2 beschrieben wurde. Dieses Rehabilitationsschema zielt darauf ab, das eingesetzte Graft vor zu hoher Spannung sowie stark einwirkenden Kräften zu schützen, indem eine komplette Extension und aktive Quadricepsübungen zu Beginn vermieden werden. Beides würde höchste Kräfte auf das Ligament bewirken, da das MPFL als DER passive Stabilisator fungiert, der gegen den lateralisierenden Quadricepsvektor in voller Extension wirkt.

Jüngste von Christiansen²⁵ und Ronga¹¹⁹ veröffentlichte Studien stellten eine deutlich invasivere Technik vor, in welcher das Graft durch die Patella in zwei knöcherne Tunnel geschlungen wird. Im Vergleich zu dieser Technik, weist die in dieser Studie verwendete Rekonstruktionstechnik eine deutlich geringere Invasivität in Bezug auf die Hautinzision auf und hat somit offensichtliche kosmetische Vorteile. Des weiteren besteht bei dieser „Through tunnel“ Technik die Gefahr einer Lockerung und Tunnelaufweitung oder sogar einer Patellafraktur im Langzeit-Follow-up. Ein wesentlicher Punkt könnte zudem sein, dass das Graft für die benötigte Strecke durch die Tunnel zu kurz ist und es durch eine nicht-anatomische femorale Verankerung zu einer patellofemorale Druckerhöhung kommt.

In der Literatur wird ebenfalls eine Einzelbündelrekonstruktion beschrieben.³² Dies sollte jedoch differenziert betrachtet werden, da es sich hier ebenfalls um eine nicht-anatomische Rekonstruktion handelt und daher zu nicht physiologischen

Belastungen und je nach Fixationsstelle und Flexionsgrad zu Rotationen der Patella führen könnte.

Anhand des VAS Scores konnte durch die MPFL-Rekonstruktion eine signifikante Reduzierung der Schmerzen bis zur Abschlusskontrolle sowohl in der Gruppe der Revisionen als auch bei den Initialeingriffen erzielt werden.

Jedoch zeigten sich hier zwischen den beiden Gruppen signifikante Unterschiede: bereits präoperativ hatten die Revisionsfälle signifikant mehr Schmerzen (Dauer und Intensität) als die Initialeingriffe. Dies setzte sich bis zur Abschlusskontrolle ein Jahr postoperativ fort. Dadurch wird deutlich, dass durch den Revisionseingriff zwar eine signifikante Verbesserung der Schmerzen erreicht werden kann, jedoch eine Schmerzfreiheit bzw. minimale Schmerzen wie in der Gruppe der Ersteingriffe nicht oder nur in seltenen Fällen erlangt werden kann.

Nur wenige Studien berichteten bisher über die Wiederaufnahme des Sports postoperativ.^{54, 139} In einer Studie von Nomura¹⁰⁵ wird angegeben, dass die Patienten die Erlaubnis für Joggen nach 8 Wochen sowie die Wiederaufnahme der vollen sportlichen Aktivitäten nach 12 Wochen erhalten. Jedoch wurden keine Angaben gemacht, wann die Patienten tatsächlich wieder ihren vollen sportlichen Aktivitäten nachgehen konnten. In zwei anderen Studien^{98, 119} betrug die durchschnittliche Zeit 6,1 - 7,5 Monate bis zur Wiederaufnahme des Sports. In der vorliegenden Studie konnten die Patienten nach 4,6 Monaten ihren sportlichen Aktivitäten ohne Einschränkungen nachgehen. Die Initialeingriffe benötigten im Durchschnitt 3,6 Monate, während für Revisionspatienten die Wiederaufnahme des Sportes erst nach 5,7 Monate möglich war. Hierbei muss man beachten, dass die meisten Patienten präoperativ aufgrund ihrer langjährigen patellofemorale Beschwerden gewöhnt waren, wesentlich weniger Sport zu machen. Auf diese persönliche Gewohnheitshaltung konnte nur bedingt Einfluss genommen werden. Dies könnte daher einen negativen Einfluss auf die Dauer der Wiederaufnahme des Sportes haben. In Bezug auf den Tegner Aktivitätsscore verbesserten sich 41 Patienten (85,4 %), 4 (8,3 %) erreichten dasselbe Level wie präoperativ und bei 3 Patienten kam es zu einer Verschlechterung. Dies spiegelt ebenfalls den positiven Effekt der Operation auf die Ausübung des Sportes wieder.

Jedoch berichtete eine große Anzahl (18 Patienten, 37,5 %) über eine persistierende psychische Luxationsangst während anstrengenden sportlichen Aktivitäten. Dies verdeutlicht, dass die Psyche einen nicht zu verachtenden Part in diesem klinischen Krankheitsbild darstellt. Das ist nicht verwunderlich, wenn man bedenkt, dass die Patienten teilweise mehrere Luxationen am Tag sogar bei Alltagsaktivitäten wie Gehen erlitten. Darum kann die uneingeschränkte Durchführung von Sport für diese Patienten durchaus längere Zeit benötigen als das Abschluss-Follow-up von einem Jahr in dieser Arbeit.

6.2 Subjektive Scores

Alle klinischen Scores verbesserten sich signifikant bis zur Abschlusskontrolle ein Jahr postoperativ, was mit Studien von Steiner et al., Nomura et al. und anderen korreliert.^{44, 48, 105, 144} Dieses größtenteils exzellente Ergebnis konnte insbesondere bei Patienten mit Initialeingriff sowohl isoliert als auch kombiniert erreicht werden. Man kann behaupten, dass diese Patienten nahezu das bestmögliche Ergebnis erreichen, wenn man bedenkt, dass 100 % eine utopische Erwartung ist, die nicht einmal eine gesunde Population erzielt.

Große Unterschiede wurden bei der Betrachtung des individuellen Anstiegs bis zur Abschlusskontrolle, insbesondere zwischen isolierten und kombinierten Initialeingriffen, sichtbar. Dies wurde exemplarisch anhand des IKDC Scores präsentiert. Die kombinierten Ersteingriffe erzielten ein signifikant ($p \leq 0,05$) höheres Delta (Δ 41,6 Punkte im IKDC) als die isolierten Eingriffe (Δ 23,5 Punkte im IKDC). Dadurch hatten beide Gruppen dieselben Einjahresergebnisse trotz niedrigem Ausgangswert der kombinierten Initialeingriffe. Dies zeigt die Notwendigkeit einer präzisen präoperativen Evaluation der komplexen Ursachen der vorliegenden Pathologien (z.B. Rotationsfehlstellungen) sowie im Anschluss die geeignete Therapie zu eruieren. Daraus kann man schließen, dass die korrekte Indikation für kombinierte Ersteingriffe eine anspruchsvolle Differenzierung erfordert, um ebenso gute Ergebnisse wie bei den isolierten Initialeingriffen zu erzielen. Man muss jedoch zugestehen, dass die Anzahl der kombinierten Ersteingriffe sehr gering war, da diese Fälle oftmals zuvor mit einer nicht zufrieden stellenden Methode behandelt wurden und die Gesamtanzahl - sogar in spezialisierten Zentren - sehr gering ist.

In der Revisionsgruppe hatten die kombinierten Eingriffe ein niedrigeres Delta und Endergebnisse als die isolierten Revisionen. Der Unterschied zeigte keine Signifikanz zwischen den Revisionsgruppen, obwohl sich beide signifikant verbesserten.

Bisher existiert keine Literatur, die Revisionseingriffe bei MPFL-Rekonstruktionen berücksichtigt. Diese Ergebnisse verdeutlichen nochmals die Wichtigkeit der differenzierten Betrachtung und Indikationsstellung. Wir konnten zeigen, dass Patienten mit Revisionsoperation aufgrund erfolglosen vorherigen Eingriffen wie Lateral Release, VMO-Raffung und Tuberositas-Transfer, signifikant schlechtere Ergebnisse im Vergleich zu Initialeingriffe erzielten, trotz eines guten Slopes in der isolierten Revisionsgruppe. Dies scheint aufgrund der Notwendigkeit eines viel invasiveren Eingriffes sowie damit verbundenes größeres Trauma der umgebenden Strukturen zu sein.

6.3 Klinische Untersuchung

Das Ergebnis der klinischen Untersuchung ließ sich bei fast allen Patienten verbessern. Im Vergleich zur präoperativen Untersuchung bestand ein signifikanter Unterschied ($p \leq 0,05$). Daraus kann man folgern, dass der Eingriff sinnvoll ist und zu einer Verbesserung der Symptomatik führt, wie es auch schon in mehreren Studien belegt wurde.^{104, 127}

Es zeigte sich jedoch, dass Patienten mit Revisionseingriffen präoperativ häufiger pathologische klinische Parameter wie Erguss und Druckschmerzen aufwiesen. Zudem fanden sich die wenigen Fälle der postoperativ persistierenden Beschwerden fast ausschließlich bei Revisionseingriffen.

Hinsichtlich des persistierenden Flexionsdefizites bei der Abschlusskontrolle zeigte sich dasselbe Bild. Patienten mit Voroperationen wiesen ein postoperatives Flexionsdefizit häufiger und viel ausgeprägter auf als Patienten mit Initialeingriffen. Mit einem MW von 100° Flexion ein Jahr postoperativ, sollten jedoch Alltagsaktivitäten problemlos möglich sein.⁶⁹ Bei solch komplexen Revisionsfällen ist dies schließlich ein wichtiges Ziel neben der Wiedererlangung der patellofemorale Stabilität und Schmerzfreiheit.

Die Auswertung in Bezug auf einen Unterschied zwischen niedrig- und höhergradiger TD zeigte, dass insbesondere die Patienten mit höhergradiger TD ein persistierendes

J-sign hatten (7 Fälle). Dies deutet darauf hin, dass die Stabilität des patellofemorales Gelenks bei diesen Patienten durch eine MPFL-Rekonstruktion zwar gewährleistet werden kann, aber das J-sign, als klinisches Zeichen einer patellofemorales Subluxation persistieren kann. Wahrscheinlich ist dies auf die Trochleamorphologie zurückzuführen, da hier durch die fehlende knöchernen Führung der Patella eine veränderte Kinematik im patellofemorales Gelenk vorliegt. Somit lässt sich durch diesen Eingriff am passiven Apparat zwar eine ausreichende Stabilität des patellofemorales Gelenks erreichen, jedoch können das J-Sign, sowie die radiologischen Zeichen des patellaren Tilt und Shift strecknah nicht immer verhindert werden.

Diese Unterschiede könnten darauf deuten, dass die Stabilität des patellofemorales Gelenks bei Patienten mit höhergradiger Trochleadysplasie durch eine alleinige Rekonstruktion des MPFL nicht gewährleistet sein kann und diese Patienten trotz der wiedergewonnenen Stabilität in ihrer Lebensqualität eingeschränkt sind.

In Bezug auf die restlichen Ergebnisse der klinischen Untersuchung konnten keine signifikanten Unterschiede in Abhängigkeit von der TD erkannt werden.

6.4 Bildgebende Verfahren

Das radiologische Outcome zeigte eine signifikante Senkung der Patellahöhe, die ein Jahr postoperativ in fast allen Fällen physiologisch war (siehe Abb. 66). Dies waren sehr interessante und wichtige Erkenntnisse, wenn man sich an die 30 Fälle (62,5 %) mit einer Patella alta präoperativ erinnert. Es gibt nur sehr wenige Studien, die die Patellahöhe explizit nach einer MPFL-Rekonstruktion evaluierten. Diese Studien konnten jedoch ebenfalls eine Senkung der Patellahöhe durch MPFL-Rekonstruktion nachweisen.^{105, 107, 127} Seit die Patella alta als Risikofaktor bzw. zumindest als ein Zeichen einer patellofemorales Instabilität bekannt ist, erscheint es als sehr wichtiger Faktor, eine physiologische Position und Kinematik der Patella wiederzuerlangen. Zudem deutet es die Wichtigkeit einer anatomischen MPFL-Rekonstruktion an, da der oblique Verlauf der Bündel einen senkenden/herabziehenden Effekt auf die Patella zu haben scheint und somit zu einer Normalisierung des CDI führt. Zusammenfassend gibt die Struktur des rekonstruierten MPFL also nicht nur Widerstand gegen eine Patellalateralisation, sondern auch gegen den nach proximal

wirkenden Zug des Quadriceps auf die Patella. Somit trägt es dazu bei, ein nahezu physiologisches Patellatracking wiederzuerlangen.

In dieser ausgewählten anatomischen Technik wurde die femorale Fixation mittels einer bioresorbierbaren Interferenzschraube durchgeführt. Als Referenzpunkt der femoralen Fixation wurde der radiologische Punkt, der unter 4.4.1 erläutert wurde, verwendet. Ein anderer neuer Aspekt dieser Studie zur bisherigen Literatur ist die intraoperative Bildwandlerkontrolle des femoralen Fixationspunktes bei jedem Patienten. Dies stellt einen unabdingbaren intraoperativen Schritt dar, seit man weiß, dass eine nicht anatomische femorale Fixation eine übermäßige Spannung auf das Graft bringt.^{6, 135} Dies wiederum korreliert mit einer Erhöhung des medialen patellofemoralen Druckes.^{6, 47, 138} Insbesondere ein zu proximaler und/oder zu anteriorer Insertionspunkt führt in Knieflexion zu einem verlängerten Abstand zu der Patella und umgekehrt zu einer zu posterioren Insertion. Dadurch kann es zu nichtphysiologischen Belastungsverhältnissen auf das Graft und folglich Druckerhöhung auf das patellofemorale Gelenk kommen.^{6, 132}

Wie in Abb. 68 dargestellt sind nahezu alle femoralen Insertionspunkte gut platziert. Die Insertionspunkte mit einer geringfügigen Abweichung von wenigen Millimeter, die innerhalb des blauen Kreises lokalisiert sind, sind der minimalinvasiven Operationstechnik oder der Verschiebung des Grafts durch Einbringung der Schraube zuzuschreiben. Ein weiterer Grund könnte auch eine minimale Rotationsabweichung der streng seitlichen Röntgenbilder sein, die auf technische Bedingungen zurückzuführen sind. Dieses Problem, das minimale Rotationsfehler bei streng seitlichen Röntgenaufnahmen bereits nicht zu verachtende Auswirkungen auf die Auswertung haben, wurde auch von Koeter et al.⁸² beschrieben.

Die wenigen Ausreißer (7 Patienten), die sich außerhalb des blauen Kreises befinden, sind alle beabsichtigt platziert worden um eine Beschädigung noch offener Epiphysenfugen zu vermeiden (proximale Platzierung) oder im Falle einer hochgradigen TD den patellofemoralen Druck in Flexion zu reduzieren (distale Platzierung). Diese Indikationen wurden vom Operateur individuell berücksichtigt.

Da eine Kontrollgruppe mit offensichtlicher nichtanatomischer Platzierung der femoralen Insertion nicht vorhanden war, konnte nicht geprüft werden, ob eine anatomische Platzierung die Ergebnisse tatsächlich signifikant verbessert. Da jedoch in nahezu allen Fällen eine volle Beweglichkeit wiedererlangt wurde sowie keine

Steigerung der Schmerzen oder Knorpeldegenerationen auftraten, scheint die korrekte Platzierung des Grafts ein mitverantwortlicher Faktor zu sein, um gute postoperative Ergebnisse zu erzielen.

Somit unterstreichen die durchaus positiven Resultate zumindest die biomechanisch hypothetisierte Bedeutsamkeit einer anatomischen femoralen Positionierung um postoperativ eine physiologische Kinematik sowie Drücke wiederzuerlangen.

In dieser Studie fanden sich 10 Patienten mit hochgradiger TD (\geq Typ C). Bei diesen Fällen war die Durchführung einer Trochleoplastik aufgrund bereits fortgeschrittener Knorpeldegenerationen nicht mehr möglich.¹²⁶

Interessanterweise erzielten diese Patienten mit hochgradiger TD jedoch nahezu dieselben Ergebnisse bei der Betrachtung der klinischen Scores als diejenigen mit niedriggradiger TD. Jedoch lässt sich aus den erhobenen Resultaten folgern, dass die isolierte MPFL Rekonstruktion ohne einen zusätzlichen Transfer der Tuberositas eine adäquate Option ist diese Patienten zu behandeln. Ein Grund hierfür scheint die femorale Insertion zu sein, die bei diesen Patienten weiter distal platziert wird um den patellofemorale Druck in Flexion zu senken sowie die degenerativen Bereiche zu entlasten. Ebenfalls könnte es sein, dass Patienten mit einer höhergradigen Trochleadysplasie eine höhere Toleranz bezüglich Schmerz, Symptomatik und Funktionseinschränkung aufzeigen. Diese Patienten sind seit ihrer Kindheit an eine sehr eingeschränkte Funktion des Kniegelenks gewöhnt und auf ihr Kniegelenk sensibilisiert. Es gibt jedoch auch Patienten, die eine Luxation sogar nahezu „natürlich“ empfinden. Daher wird die kleinste Verbesserung bereits bei Alltagsaktivitäten wahrgenommen und auch geschätzt.

Im Gegensatz dazu haben Patienten mit geringgradiger Trochleadysplasie vermutlich eine höhere Erwartungshaltung gegenüber dem Behandlungserfolg. Hier besteht der Anspruch, postoperativ die gleiche bzw. eine bessere Kniefunktion zu erreichen, die in diesen Fällen eine normale Kniefunktion und Lebensqualität übertrifft. Zudem nehmen diese Patienten Verbesserungen im Alltag weniger wahr.

Da jedoch bei den Patienten mit höhergradiger TD die zugrunde liegende Hauptpathomorphologie, nämlich das fehlende Gleitlager fehlt, bleibt ein gewisses Risiko einer Reluxation sowie ein J-sign bestehen.

Betrachtete man die Röntgen- und MRT-Bilder, so fanden sich Veränderungen in Form von Ossifikationen in fast allen Fällen. Dies ist durchaus erwünscht, da die

Entwicklung dieser medialen Ossifikationen bedeutet, dass das Graft „einwächst“ und es nicht Zeichen einer fortschreitenden Osteoarthritis ist. Das geringe Fortschreiten von Knorpeldegeneration bei einer sehr kleinen Anzahl von Patienten konnte nicht auf die MPFL-Rekonstruktion zurückgeführt werden. Diese wurden nämlich im Bereich bereits präoperativ existierender Knorpeldegenerationen gefunden. Es müssen natürlich noch Langzeitstudien folgen, um definitive Aussagen machen zu können. Patienten mit höhergradiger TD zeigten präoperativ nur einen minimal höheren Grad der Osteoarthritis im Vergleich zu Patienten mit niedriggradiger TD. Vergleich man die degenerativen Veränderungen ein Jahr postoperativ, so sah man auch hier nur eine leichte Verschlimmerung der degenerativen Areale, die bereits präoperativ existierten. Kein Unterschied wurde beim Anstieg der degenerativen Veränderungen zwischen Patienten mit niedrig- und höhergradiger TD gesehen. Somit scheint die MPFL-Rekonstruktion zu keiner Verschlechterung oder neu auftretenden Knorpeldegenerationen ein Jahr postoperativ zu führen.

Dieselbe sinkende Tendenz wie bei der Patellahöhe zeigte sich auch beim patellaren Tilt und Shift, welche postoperativ nahezu physiologisch waren (Abb. 71 - 72). Die Werte konnten zwar signifikant gesenkt werden, jedoch waren die Mittelwerte ein Jahr postoperativ noch knapp im pathologischen Bereich. Dies kann wahrscheinlich darauf zurückgeführt werden, dass eine Überkorrektur und damit die Gefahr von postoperativ generierenden patellofemoralen Schmerzen, Erhöhung des medialen patellofemoralen Druckes oder sogar medialer Subluxation vermieden werden wollte. Zudem könnte ein Faktor sein, dass bei diesem Eingriff allein der passive Apparat rekonstruiert wird und bei Patienten mit höhergradiger TD somit eine weitere Hauptpathologie nicht behoben werden kann. So lässt sich zwar eine ausreichende Stabilität des patellofemoralen Gelenkes erreichen, jedoch kann in manchen Fällen ein persistierender Tilt und Shift nicht vermieden werden. Dies wurde in bisherigen Studien noch nie anhand des MRT eruiert.

Die Wiederherstellung einer physiologischen dreidimensionalen Position wurde auch hier nahezu erreicht und scheint ein wichtiger Faktor zur Wiedererlangung der physiologischen Kinematik und der patellofemoralen Druckkontrolle zu sein.¹³⁷ Somit deuten die Ergebnisse darauf hin, dass durch die MPFL Rekonstruktion eine

anatomische Position der Patella auch in der radiologischen Auswertung erreicht werden kann.

In dieser Studie wiesen abgesehen von 3 Patienten alle Probanden einen physiologischen TTTG-Abstand auf. Diese 3 Patienten gehörten der Gruppe mit Voroperation an und hatten alle eine Medialisierung der Tuberositas auf < 10 mm zuvor erhalten. In diesen Fällen wurde eine kombinierte MPFL Rekonstruktion mit einem Transfer der Tuberositas auf physiologische Werte durchgeführt. Dadurch sollte der patellofemorale Druck sowie folglich Knorpeldegenerationen reduziert werden. Bis zur Abschlusskontrolle berichteten diese Patienten über eine deutliche Reduktion der Schmerzen. Im MRT konnte kein Fortschreiten von Knorpeldegenerationen gefunden werden. Natürlich müssen insbesondere hier noch Langzeitstudien folgen um effektivere Aussagen machen zu können.

6.5. Kritikpunkte

Schwachstellen dieser Studie sind zum einen die geringe Anzahl der Patienten in den Untergruppen, insbesondere bei den kombinierten Initialeingriffen. Aufgrund dessen ist das Outcome dieser Gruppe sehr differenziert zu betrachten. Ein weiterer Punkt ist zudem das recht kurze Follow up von einem Jahr. Um effektive Aussagen über Langzeitergebnisse machen zu können, müsste daher ein längeres Follow up folgen. Da die patellofemorale Instabilität ein multifaktorielles Problem ist und mehrere Patienten schon zuvor in anderen Kliniken behandelt wurden, wurde das Kollektiv in 4 Subgruppen unterteilt um einen adäquaten Vergleich des Outcomes zu vollziehen. Sogar in einer spezialisierten Abteilung benötigt die Aufnahme einer großen Anzahl von solch komplexen Fällen mit Untergliederung in Subgruppen eine enorm lange Studienzeit. Jedoch ist dies die erste Studie, die diese verschiedenen Einflüsse der Instabilität wie TD berücksichtigt und einen Vergleich zwischen Revisionsfällen und Initialeingriffen vornimmt.

Desweiteren konnte die Bedeutung der anatomischen femoralen Insertion in der vorliegenden Studie wie bereits oben beschrieben nicht belegt werden, da eine Vergleichsgruppe oder Revisionsfälle mit initial nicht anatomischer MPFL-Rekonstruktion fehlten.

Obwohl das Durchschnittsoutcome gute bis hervorragende Ergebnisse zeigten, gaben 7 Patienten bei der Abschlussbefragung an, diesen Eingriff nicht nochmals durchführen zu lassen. Hierbei handelte es sich insbesondere um junge Patienten mit Initialeingriff, die die lange Rehabilitationsdauer mit längerer Entlastung der operierten Seite beklagten. Diesen Beschwerden wurde bereits entgegengewirkt. Schöttle¹²⁹ veränderte die Technik, indem aus der indirekten patellaren Fixation eine direkte Verankerung des Grafts gewählt wurde. Dadurch wird eine schnellere Mobilisation mit Vollbelastung und schnellere Wiederaufnahme des Sportes ermöglicht, da die Gefahr der Lockerung durch die direkte Fixation vermieden wird.

7 Zusammenfassung

Die patellofemorale Instabilität ist insbesondere bei Kindern und Jugendlichen ein häufig anzutreffendes orthopädisches Krankheitsbild. Viele Studien befassten sich mit dieser Thematik und bisher wurden viele verschiedene Eingriffe wie Lateral Release, VMO-Raffung und Medialisierung der Tuberositas als effektive Therapiemöglichkeit diskutiert und angesehen. Leider wurden bei diesen Therapieformen Risikofaktoren sowie Hauptpathologien einer patellofemorale Instabilität in den meisten Fällen nicht berücksichtigt. Erst in den letzten Jahren gewann das mediale patellofemorale Ligament in wissenschaftlichen Arbeiten immer mehr Aufmerksamkeit. Zwischenzeitlich wird es als der wichtigste passive Stabilisator zwischen 0° - 30° anerkannt, das in mehr als 90 % aller Patellaerstluxationen reißt. Dadurch weckte die MPFL-Rekonstruktion in letzter Zeit ein immer größer werdendes Interesse.

Ziel dieser prospektiven Studie war eine subjektive, klinische sowie radiologische Evaluation von Patienten, bei denen eine anatomische Rekonstruktion des MPFL in Doppelbündeltechnik aufgrund einer patellofemorale Instabilität durchgeführt wurde. Ferner sollten eventuelle Unterschiede zwischen Initial- und Revisionseingriffe, sowohl isoliert als auch kombiniert, eruiert werden. In dieser Arbeit wurden zudem Risikofaktoren einer patellofemorale Instabilität wie Patella alta und Trochleadysplasie berücksichtigt und den Einfluss der MPFL Rekonstruktion auf diese Faktoren postoperativ ausgewertet. 48 Patienten (23 Initialeingriffe und 25 Revisionen) wurden dazu sowohl präoperativ als auch 6 Wochen, 3 Monate, 6 Monate und 12 Monate postoperativ nachuntersucht.

Die Ergebnisse des subjektiven Fragebogens der unter anderem speziell auf den VAS Score und die Sportfähigkeit einging, wie auch die subjektiven IKDC-, Kujala- und Tegner- Scores zeigten eine signifikante Verbesserung nach der MPFL-Rekonstruktion. Jedoch schnitten Initialeingriffe, isoliert und kombiniert, signifikant besser ab als die Revisionen. Kein signifikanter Unterschied zeigte sich hingegen in Abhängigkeit der Trochleadysplasie.

Ein ähnliches Bild wies auch die klinische Untersuchung auf. Trotz signifikanter Verbesserung aller Gruppen, fanden sich die wenigen postoperativ persistierenden Beschwerden insbesondere bei der Gruppe der Revisionseingriffe. Ein präoperativ in allen Fällen positives Apprehension sign konnte durch die MPFL-Rekonstruktion bei jedem Patienten behoben werden. Bis zur Abschlusskontrolle ein Jahr postoperativ traten weder Subluxationen noch Reluxationen der Patella auf. Die Untersuchung des postoperativ persistierenden J-signs präsentierte sich jedoch insbesondere bei Patienten mit höhergradiger Trochleadysplasie.

Die radiologische Auswertung der Patella alta, der femoralen Insertion sowie des patellaren Tilt und Shift wiesen postoperativ sehr gute Werte auf. Die Patellahöhe konnte signifikant auf einen physiologischen Mittelwert durch die MPFL-Rekonstruktion gesenkt werden. Von präoperativ 30 Fällen mit einer Patella alta, konnte bis auf 8 Patienten eine physiologische Patellahöhe erreicht werden. Ebenfalls konnte eine sehr gute Platzierung der femoralen Insertion in allen Fällen nachgewiesen werden. Auch der patellare Tilt und Shift konnten durch den Eingriff auf nahezu physiologische Werte gebracht werden. Somit scheint durch diese Studie die Wichtigkeit der anatomischen Rekonstruktion aufgezeigt worden zu sein.

Zusammenfassend zeigt die anatomische MPFL-Rekonstruktion in Doppelbündeltechnik sehr gute subjektive, klinische sowie radiologische Ergebnisse auf. Die patellofemorale Stabilität kann wiederhergestellt und Schmerzen reduziert werden. Aus den signifikant besseren Ergebnissen der Initialeingriffe im Vergleich zu den Revisionen lässt sich folgern, dass die MPFL-Rekonstruktion der Ersteingriff einer patellofemorale Instabilität sein sollte. Zudem sollte im Falle einer multifaktoriellen Instabilität ein kombinierter Eingriff angewendet werden. Darüber hinaus zeigte die Studie, dass eine nichtanatomische Voroperation zu einer schlechteren Ausgangssituation sowie zu schlechteren Einjahres-Ergebnissen im Vergleich zu Initialeingriffen führte. Folglich sollte in diesen Fällen eine anatomische Operation gewählt werden um gute postoperative Resultate zu erzielen.

8 Literaturverzeichnis

- 1 Aglietti, P., Buzzi, R., De Biase, P. and Giron, F., Surgical treatment of recurrent dislocation of the patella. *Clin Orthop Relat Res.* (1994) 8-17
- 2 Aglietti, P., Insall, J. N. and Cerulli, G., Patellar pain and incongruence. I: Measurements of incongruence. *Clin Orthop Relat Res.* (1983) 217-224
- 3 Ahmad, C.S., Brown, G.D. and Stein, B.S., The docking technique for medial patellofemoral ligament reconstruction: surgical technique and clinical outcome. *Am J Sports Med.* 37 (2009) 2021-2027
- 4 Ahmed, A.M. and Duncan, N.A., Correlation of patellar tracking pattern with trochlear and retropatellar surface topographies. *J Biomech Eng.* 122 (2000) 652-660
- 5 Amis, A.A., Current concepts on anatomy and biomechanics of patellar stability. *Sports Med Arthrosc.* 15 (2007) 48-56
- 6 Amis, A.A., Firer, P., Mountney, J., Senavongse, W. and Thomas, N.P., Anatomy and biomechanics of the medial patellofemoral ligament. *Knee.* 10 (2003) 215-220
- 7 Andrikoula, S., Tokis, A., Vasiliadis, H.S. and Georgoulis, A., The extensor mechanism of the knee joint: an anatomical study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 14 (2006) 214-220
- 8 Arendt, E., Anatomy and malalignment of the patellofemoral joint: its relation to patellofemoral arthrosis. *Clin Orthop Relat Res.* (2005) 71-75
- 9 Arendt, E.A., Fithian, D.C. and Cohen, E., Current concepts of lateral patella dislocation. *Clin Sports Med.* 21 (2002) 499-519
- 10 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.* 74 (1992) 140-142
- 11 Atkin, D.M., Fithian, D.C., Marangi, K.S., Stone, M.L., Dobson, B.E. 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.* 28 (2000) 472-479
- 12 Beaconsfield, T., Pintore, E., Maffulli, N. and Petri, G.J., Radiological measurements in patellofemoral disorders. A review. *Clin Orthop Relat Res.* (1994) 18-28
- 13 Benedetto, K.P., Ergebnisse des Tuberositastransfers bei Patellainstabilität. *Arthroskopie.* 18 (2005) 301-307

- 14 Bereiter, H., Die Trochleoplastik als chirurgische Therapie der rezidivierenden Patellaluxation bei Trochleadysplasie des Femurs. *Arthroskopie*. 7 (1994) 281-286
- 15 Biedert, R.M., Sekundäre mediale Patellainstabilität. *Arthroskopie*. 23 (2010) 195-200
- 16 Bollier, M. and Fulkerson, J.P., The role of trochlear dysplasia in patellofemoral instability. *J Am Acad Orthop Surg*. 19 (2011) 8-16
- 17 Brown, D.E., Alexander, A.H. and Lichtman, D.M., The Elmslie-Trillat procedure: evaluation in patellar dislocation and subluxation. *Am J Sports Med*. 12 (1984) 104-109
- 18 Burks, R.T., Desio, S.M., Bachus, K.N., Tyson, L. and Springer, K., Biomechanical evaluation of lateral patellar dislocations. *Am J Knee Surg*. 11 (1998) 24-31
- 19 Camanho, G.L., Viegas Ade, C., Bitar, A.C., Demange, M.K. and Hernandez, A.J., Conservative versus surgical treatment for repair of the medial patellofemoral ligament in acute dislocations of the patella. *Arthroscopy*. 25 (2009) 620-625
- 20 Carrillon, Y., Abidi, H., Dejour, D., Fantino, O., Moyon, B. and Tran-Minh, V.A., Patellar instability: assessment on MR images by measuring the lateral trochlear inclination-initial experience. *Radiology*. 216 (2000) 582-585
- 21 Cash, J.D. and Hughston, J.C., Treatment of acute patellar dislocation. *Am J Sports Med*. 16 (1988) 244-249
- 22 Caton, J., [Method of measuring the height of the patella]. *Acta Orthop Belg*. 55 (1989) 385-386
- 23 Caton, J., Mironneau, A., Walch, G., Levigne, C. and Michel, C.R., [Idiopathic high patella in adolescents. Apropos of 61 surgical cases]. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot*. 76 (1990) 253-260
- 24 Caton, J. H. and Dejour, D., Tibial tubercle osteotomy in patello-femoral instability and in patellar height abnormality. *Int Orthop*. 34 (2010) 305-309
- 25 Christiansen, S.E., Jacobsen, B.W., Lund, B. and Lind, M., Reconstruction of the medial patellofemoral ligament with gracilis tendon autograft in transverse patellar drill holes. *Arthroscopy*. 24 (2008) 82-87
- 26 Christoforakis, J., Bull, A.M., Strachan, R.K., Shymkiw, R., Senavongse, W. and Amis, A.A., Effects of lateral retinacular release on the lateral stability of the patella. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 14 (2006) 273-277
- 27 Cofield, R.H. and Bryan, R.S., Acute dislocation of the patella: results of conservative treatment. *J Trauma*. 17 (1977) 526-531

- 28 Colvin, A.C. and West, R.V., Patellar instability. *J Bone Joint Surg Am.* 90 (2008) 2751-2762
- 29 Conlan, T., Garth, W.P., Jr. and Lemons, J.E., Evaluation of the medial soft-tissue restraints of the extensor mechanism of the knee. *J Bone Joint Surg Am.* 75 (1993) 682-693
- 30 Cossey, A.J. and Paterson, R., A new technique for reconstructing the medial patellofemoral ligament. *Knee.* 12 (2005) 93-98
- 31 Davies, A.P., Costa, M.L., Shepstone, L., Glasgow, M.M. and Donell, S., The sulcus angle and malalignment of the extensor mechanism of the knee. *J Bone Joint Surg Br.* 82 (2000) 1162-1166
- 32 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.* 13 (2005) 522-528
- 33 Dejour, D. and Le Coultre, B., Osteotomies in patello-femoral instabilities. *Sports Med Arthrosc.* 15 (2007) 39-46
- 34 Dejour, D., Reynaud, P. and Lecoultre, B., Douleurs et instabilité rotulienne. Essai de classification. *Med Hyg.* 56 (1998) 1466-1471
- 35 Dejour, D. and Saggin, P., The sulcus deepening trochleoplasty-the Lyon's procedure. *Int Orthop.* 34 (2010) 311-316
- 36 Dejour, H., Walch, G., Neyret, P. and Adeleine, P., [Dysplasia of the femoral trochlea]. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot.* 76 (1990) 45-54
- 37 Dejour, H., Walch, G., Nove-Josserand, L. and Guier, C., Factors of patellar instability: an anatomic radiographic study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2 (1994) 19-26
- 38 Desio, S.M., Burks, R.T. and Bachus, K.N., Soft tissue restraints to lateral patellar translation in the human knee. *Am J Sports Med.* 26 (1998) 59-65
- 39 Diederichs, G., Issever, A.S. and Scheffler, S., MR imaging of patellar instability: injury patterns and assessment of risk factors. *Radiographics.* 30 (2010) 961-981
- 40 Diemer, F. and Sutor, V., Das Patellofemoralgelenk. In: "Praxis der medizinischen Trainingstherapie", Georg Thieme Verlag, Stuttgart. (2007), 1. Auflage, 311-314
- 41 Diks, M.J., Wymenga, A.B. and Anderson, P.G., Patients with lateral tracking patella have better pain relief following CT-guided tuberosity transfer than patients with unstable patella. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 11 (2003) 384-388

- 42 Dopirak, R., Adamany, D., Bickel, B. and Steensen, R., Reconstruction of the medial patellofemoral ligament using a quadriceps tendon graft: a case series. *Orthopedics*. 31 (2008) 217
- 43 Dopirak, R.M., Steensen, R.N. and Maurus, P.B., The medial patellofemoral ligament. *Orthopedics*. 31 (2008) 331-338
- 44 Drez, D., Jr., Edwards, T.B. and Williams, C.S., Results of medial patellofemoral ligament reconstruction in the treatment of patellar dislocation. *Arthroscopy*. 17 (2001) 298-306
- 45 Elias, D.A., White, L.M. and Fithian, D.C., Acute lateral patellar dislocation at MR imaging: injury patterns of medial patellar soft-tissue restraints and osteochondral injuries of the inferomedial patella. *Radiology*. 225 (2002) 736-743
- 46 Elias, J.J., Cech, J.A., Weinstein, D.M. and Cosgrea, A.J., Reducing the lateral force acting on the patella does not consistently decrease patellofemoral pressures. *Am J Sports Med*. 32 (2004) 1202-1208
- 47 Elias, J.J. and Cosgrea, A.J., Technical errors during medial patellofemoral ligament reconstruction could overload medial patellofemoral cartilage: a computational analysis. *Am J Sports Med*. 34 (2006) 1478-1485
- 48 Ellera Gomes, J.L., Stigler Marczyk, L.R., Cesar de Cesar, P. and Jungblut, C.F., Medial patellofemoral ligament reconstruction with semitendinosus autograft for chronic patellar instability: a follow-up study. *Arthroscopy*. 20 (2004) 147-151
- 49 Endo, Y., Schweitzer, M.E., Bordalo-Rodrigues, M., Rokito, A.S. and Babb, J.S., MRI quantitative morphologic analysis of patellofemoral region: lack of correlation with chondromalacia patellae at surgery. *AJR Am J Roentgenol*. 189 (2007) 1165-1168
- 50 Erasmus, P.J., [The medial patellofemoral ligament: function, injury, and treatment]. *Orthopade*. 37 (2008) 858, 860-853
- 51 Escala, J.S., Mellado, J.M., 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*. 14 (2006) 264-272
- 52 Farahmand, F., Tahmasbi, M.N. and Amis, A.A., Lateral force-displacement behaviour of the human patella and its variation with knee flexion--a biomechanical study in vitro. *J Biomech*. 31 (1998) 1147-1152
- 53 Feller, J.A., Amis, A.A., Andrish, J.T., Arendt, E.A., Erasmus, P.J. and Powers, C.M., Surgical biomechanics of the patellofemoral joint. *Arthroscopy*. 23 (2007) 542-553

-
- 54 Fisher, B., Nyland, J., Brand, E. and Curtin, B., Medial patellofemoral ligament reconstruction for recurrent patellar dislocation: a systematic review including rehabilitation and return-to-sports efficacy. *Arthroscopy*. 26 (2010) 1384-1394
- 55 Fithian, D.C., Mishra, D.K., Balen, P.F., Stone, M.L. and Daniel, D.M., Instrumented measurement of patellar mobility. *Am J Sports Med*. 23 (1995) 607-615
- 56 Fithian, D.C., Paxton, E.W., Post, W.R. and Panni, A.S., Lateral retinacular release: a survey of the International Patellofemoral Study Group. *Arthroscopy*. 20 (2004) 463-468
- 57 Fithian, D.C., Paxton, E.W., Stone, M.L., Silva, P., Davis, D.K., Elias, D.A. and White, L.M., Epidemiology and natural history of acute patellar dislocation. *Am J Sports Med*. 32 (2004) 1114-1121
- 58 Fondren, F.B., Goldner, J.L. and Bassett, F.H., 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*. 67 (1985) 993-1005
- 59 Franco, V., Cipolla, M., Gerullo, G., Gianni, E. and Puddu, G., Öffnende Keilosteotomie des distalen Femurs beim Valgusknie. *Der Orthopäde*. 33 (2004) 185-192
- 60 Fucentese, S.F., Schottle, P.B., Pfirrmann, C.W. and Romero, J., CT changes after trochleoplasty for symptomatic trochlear dysplasia. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 15 (2007) 168-174
- 61 Fulkerson, J.P. and Shea, K.P., Disorders of patellofemoral alignment. *J Bone Joint Surg Am*. 72 (1990) 1424-1429
- 62 Garth, W.P., Jr., DiChristina, D.G. and Holt, G., Delayed proximal repair and distal realignment after patellar dislocation. *Clin Orthop Relat Res*. (2000) 132-144
- 63 Gomes, J.L., Medial patellofemoral ligament reconstruction with half width (hemi tendon) semitendinosus graft. *Orthopedics*. 31 (2008) 322-326
- 64 Goutallier, D., Bernageau, J. and Lecudonnec, B., [The measurement of the tibial tuberosity. Patella groove distanced technique and results (author's transl)]. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot*. 64 (1978) 423-428
- 65 Grelsamer, R.P., Bazos, A.N. and Proctor, C.S., Radiographic analysis of patellar tilt. *J Bone Joint Surg Br*. 75 (1993) 822-824
- 66 Grelsamer, R.P., Weinstein, C.H., Gould, J. and Dubey, A., Patellar tilt: the physical examination correlates with MR imaging. *Knee*. 15 (2008) 3-8
- 67 Hautamaa, P.V., Fithian, D.C., Kaufman, K.R., Daniel, D.M. and Pohlmeier, A.M., Medial soft tissue restraints in lateral patellar instability and repair. *Clin Orthop Relat Res*. (1998) 174-182

-
- 68 Hawkins, R.J., Bell, R.H. and Anisette, G., Acute patellar dislocations. The natural history. *Am J Sports Med.* 14 (1986) 117-120
- 69 Hemmerich, A., Brown, H., Smith, S., Marthandam, S.S. and Wyss, U.P., Hip, knee, and ankle kinematics of high range of motion activities of daily living. *J Orthop Res.* 24 (2006) 770-781
- 70 Hinton, R.Y. and Sharma, K.M., Acute and recurrent patellar instability in the young athlete. *Orthop Clin North Am.* 34 (2003) 385-396
- 71 Huberti, H.H. and Hayes, W.C., Patellofemoral contact pressures. The influence of q-angle and tendofemoral contact. *J Bone Joint Surg Am.* 66 (1984) 715-724
- 72 Huberti, H.H., Hayes, W.C., Stone, J.L. and Shybut, G.T., Force ratios in the quadriceps tendon and ligamentum patellae. *J Orthop Res.* 2 (1984) 49-54
- 73 Hughston, J.C. and Deese, M., Medial subluxation of the patella as a complication of lateral retinacular release. *Am J Sports Med.* 16 (1988) 383-388
- 74 Insall, J., Goldberg, V. and Salvati, E., Recurrent dislocation and the high-riding patella. *Clin Orthop Relat Res.* 88 (1972) 67-69
- 75 Insall, J. and Salvati, E., Patella position in the normal knee joint. *Radiology.* 101 (1971) 101-104
- 76 Insall, J.N. and Scott, J.E., Disorders of the Patellofemoral Joint. In: "Surgery of the Knee". Churchill Livingstone, New York, (2001), Third Edition, 807-936
- 77 Johnson, L.L., van Dyk, G.E., Green, J.R., 3rd, Pittsley, A.W., Bays, B., Gully, S.M. and Phillips, J.M., Clinical assessment of asymptomatic knees: comparison of men and women. *Arthroscopy.* 14 (1998) 347-359
- 78 Joo, S.Y., Park, K.B., Kim, B.R., Park, H.W. and Kim, H.W., The 'four-in-one' procedure for habitual dislocation of the patella in children: early results in patients with severe generalised ligamentous laxity and aplasia of the trochlear groove. *J Bone Joint Surg Br.* 89 (2007) 1645-1649
- 79 Kang, H.J., Wang, F., Chen, B.C., Su, Y.L., Zhang, Z.C. and Yan, C.B., Functional bundles of the medial patellofemoral ligament. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 18 (2010) 1511-1516
- 80 Kellgren, J.H. and Lawrence, J., Radiological assessment of osteoarthritis. *Ann Rheum Dis.* 16 (1957) 494-501
- 81 Kirsch, M.D., Fitzgerald, S.W., Friedman, H. and Rogers, L.F., Transient lateral patellar dislocation: diagnosis with MR imaging. *AJR Am J Roentgenol.* 161 (1993) 109-113

-
- 82 Koeter, S., Bongers, E.M., de Rooij, J. and van Kampen, A., Minimal rotation aberrations cause radiographic misdiagnosis of trochlear dysplasia. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 14 (2006) 713-717
- 83 Koskinen, S.K., Rantanen, J.P., Nelimarkka, O.I. and Kujala, U.M., Effect of Elmslie-Trillat and Roux-Goldthwait procedures on patellofemoral relationships and symptoms in patients with patellar dislocations. *Am J Knee Surg.* 11 (1998) 167-173
- 84 Kramer, J., White, L.M. and Recht, M.P., MR imaging of the extensor mechanism. *Semin Musculoskelet Radiol.* 13 (2009) 384-401
- 85 Kujala, U.M., Jaakkola, L.H., Koskinen, S.K., Taimela, S., Hurme, M. and Nelimarkka, O., Scoring of patellofemoral disorders. *Arthroscopy.* 9 (1993) 159-163
- 86 Kujala, U.M., Osterman, K., Kormano, M., Nelimarkka, O., Hurme, M. and Taimela, S., Patellofemoral relationships in recurrent patellar dislocation. *J Bone Joint Surg Br.* 71 (1989) 788-792
- 87 Lance, E., Deutsch, A.L. and Mink, J.H., Prior lateral patellar dislocation: MR imaging findings. *Radiology.* 189 (1993) 905-907
- 88 Lancourt, J.E. and Cristini, J.A., Patella alta and patella infera. Their etiological role in patellar dislocation, chondromalacia, and apophysitis of the tibial tubercle. *J Bone Joint Surg Am.* 57 (1975) 1112-1115
- 89 Lattermann, C., Toth, J. and Bach, B.R., Jr., The role of lateral retinacular release in the treatment of patellar instability. *Sports Med Arthrosc.* 15 (2007) 57-60
- 90 Laurin, C.A., Dussault, R. and Levesque, H.P., The tangential x-ray investigation of the patellofemoral joint: x-ray technique, diagnostic criteria and their interpretation. *Clin Orthop Relat Res.* (1979) 16-26
- 91 Laurin, C.A., Levesque, H.P., Dussault, R., Labelle, H. and Peides, J.P., The abnormal lateral patellofemoral angle: a diagnostic roentgenographic sign of recurrent patellar subluxation. *J Bone Joint Surg Am.* 60 (1978) 55-60
- 92 Maenpaa, H., The dislocating patella. Predisposing factors and a clinical, radiological and functional follow-up study of patients treated primarily nonoperatively. *Ann Chir Gynaecol.* 87 (1998) 248-249
- 93 Maenpaa, H. and Lehto, M.U., Surgery in acute patellar dislocation--evaluation of the effect of injury mechanism and family occurrence on the outcome of treatment. *Br J Sports Med.* 29 (1995) 239-241
- 94 Maenpaa, H. and Lehto, M.U., Patellar dislocation. The long-term results of nonoperative management in 100 patients. *Am J Sports Med.* 25 (1997) 213-217

- 95 Maldague, B. and Malghem, J., [Significance of the radiograph of the knee profile in the detection of patellar instability. Preliminary report]. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot.* 71 Suppl 2 (1985) 5-13
- 96 Malghem, J. and Maldague, B., Patellofemoral joint: 30 degrees axial radiograph with lateral rotation of the leg. *Radiology.* 170 (1989) 566-567
- 97 Merican, A.M., Kondo, E. and Amis, A.A., The effect on patellofemoral joint stability of selective cutting of lateral retinacular and capsular structures. *J Biomech.* 42 (2009) 291-296
- 98 Mikashima, Y., Kimura, M., Kobayashi, Y., Miyawaki, M. and Tomatsu, T., Clinical results of isolated reconstruction of the medial patellofemoral ligament for recurrent dislocation and subluxation of the patella. *Acta Orthop Belg.* 72 (2006) 65-71
- 99 Mountney, J., Senavongse, W., Amis, A.A. and Thomas, N.P., Tensile strength of the medial patellofemoral ligament before and after repair or reconstruction. *J Bone Joint Surg Br.* 87 (2005) 36-40
- 100 Muneta, T., Sekiya, I., Tsuchiya, M. and Shinomiya, K., A technique for reconstruction of the medial patellofemoral ligament. *Clin Orthop Relat Res.* (1999) 151-155
- 101 Neubert, M. and Steinbruck, K., [Patellar dislocation in athletes. Arthroscopic diagnosis and therapy]. *Unfallchirurg.* 94 (1991) 73-76
- 102 Nomura, E., Classification of lesions of the medial patello-femoral ligament in patellar dislocation. *Int Orthop.* 23 (1999) 260-263
- 103 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.* 9 (2002) 139-143
- 104 Nomura, E., Horiuchi, Y. and Kihara, M., Medial patellofemoral ligament restraint in lateral patellar translation and reconstruction. *Knee.* 7 (2000) 121-127
- 105 Nomura, E., Horiuchi, Y. and Kihara, M., A mid-term follow-up of medial patellofemoral ligament reconstruction using an artificial ligament for recurrent patellar dislocation. *Knee.* 7 (2000) 211-215
- 106 Nomura, E. and Inoue, M., Surgical technique and rationale for medial patellofemoral ligament reconstruction for recurrent patellar dislocation. *Arthroscopy.* 19 (2003) E47
- 107 Nomura, E. and Inoue, M., Hybrid medial patellofemoral ligament reconstruction using the semitendinous tendon for recurrent patellar dislocation: minimum 3 years' follow-up. *Arthroscopy.* 22 (2006) 787-793

- 108 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.* 13 (2005) 510-515
- 109 Nomura, E., Inoue, M. and Osada, N., Augmented repair of avulsion-tear type medial patellofemoral ligament injury in acute patellar dislocation. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 13 (2005) 346-351
- 110 Nonweiler, D.E. and DeLee, J.C., The diagnosis and treatment of medial subluxation of the patella after lateral retinacular release. *Am J Sports Med.* 22 (1994) 680-686
- 111 Olk, A. and Hennig, F.F., Anatomische Voraussetzungen der Patellaluxation. *Trauma Berufskrankheit.* 4 (2002) 201-205
- 112 Palmu, S., Kallio, P.E., Donell, S.T., Helenius, I. and Nietosvaara, Y., Acute patellar dislocation in children and adolescents: a randomized clinical trial. *J Bone Joint Surg Am.* 90 (2008) 463-470
- 113 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.* 14 (2006) 7-12
- 114 Pfirrmann, C.W., Zanetti, M., Romero, J. and Hodler, J., Femoral trochlear dysplasia: MR findings. *Radiology.* 216 (2000) 858-864
- 115 Pidoriano, A.J., Weinstein, R.N., Buuck, D.A. and Fulkerson, J.P., Correlation of patellar articular lesions with results from anteromedial tibial tubercle transfer. *Am J Sports Med.* 25 (1997) 533-537
- 116 Post, W.R., Teitge, R. and Amis, A., Patellofemoral malalignment: looking beyond the viewbox. *Clin Sports Med.* 21 (2002) 521-546, x
- 117 Powers, C.M., Lilley, J.C. and Lee, T.Q., The effects of axial and multi-plane loading of the extensor mechanism on the patellofemoral joint. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 13 (1998) 616-624
- 118 Recht, M.P., Piraino, D.W., Paletta, G.A., Schils, J.P. and Belhobek, G.H., Accuracy of fat-suppressed three-dimensional spoiled gradient-echo FLASH MR imaging in the detection of patellofemoral articular cartilage abnormalities. *Radiology.* 198 (1996) 209-212
- 119 Ronga, M., Oliva, F., Longo, U.G., Testa, V., Capasso, G. and Maffulli, N., Isolated medial patellofemoral ligament reconstruction for recurrent patellar dislocation. *Am J Sports Med.* 37 (2009) 1735-1742
- 120 Sallay, P.I., Poggi, J., Speer, K.P. and Garrett, W.E., Acute dislocation of the patella. A correlative pathoanatomic study. *Am J Sports Med.* 24 (1996) 52-60

- 121 Sanders, T.G., Medynski, M.A., Feller, J.F. and Lawhorn, K.W., Bone contusion patterns of the knee at MR imaging: footprint of the mechanism of injury. *Radiographics*. 20 Spec No (2000) S135-151
- 122 Sanders, T.G., Morrison, W.B., Singleton, B.A., Miller, M.D. and Cornum, K.G., Medial patellofemoral ligament injury following acute transient dislocation of the patella: MR findings with surgical correlation in 14 patients. *J Comput Assist Tomogr*. 25 (2001) 957-962
- 123 Schöttle, P., Beitzel, K. and Imhoff, A., Die kindliche Patellaluxation. *Arthroskopie*. 22 (2009) 51-59
- 124 Schöttle, P., Weiler, A. and Romero, J., Rekonstruktion des Ligamentum patellofemorale mediale bei patellofemorale Instabilität. *Arthroskopie*. 18 (2005) 293-300
- 125 Schöttle, P.B., Minimalinvasive Rekonstruktion des Lig. patellofemorale mediale. *Arthroskopie*. 20 (2007) 313-316
- 126 Schottle, P.B., Fucentese, S.F., Pfirrmann, C., Bereiter, H. and Romero, J., Trochleaplasty for patellar instability due to trochlear dysplasia: A minimum 2-year clinical and radiological follow-up of 19 knees. *Acta Orthop*. 76 (2005) 693-698
- 127 Schottle, P.B., Fucentese, S.F. and Romero, J., Clinical and radiological outcome of medial patellofemoral ligament reconstruction with a semitendinosus autograft for patella instability. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 13 (2005) 516-521
- 128 Schöttle, P.B. and Hensler, D., Revisionseingriffe zur Patellastabilisierung nach erfolgloser Operation am Streckapparat. *Arthroskopie*. 21 (2008) 293-300
- 129 Schottle, P.B., Hensler, D. and Imhoff, A.B., Anatomical double-bundle MPFL reconstruction with an aperture fixation. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 18 (2010) 147-151
- 130 Schottle, P.B., Romero, J., Schmeling, A. and Weiler, A., Technical note: anatomical reconstruction of the medial patellofemoral ligament using a free gracilis autograft. *Arch Orthop Trauma Surg*. 128 (2008) 479-484
- 131 Schottle, P.B., Scheffler, S.U., Schwarck, A. and Weiler, A., Arthroscopic medial retinacular repair after patellar dislocation with and without underlying trochlear dysplasia: a preliminary report. *Arthroscopy*. 22 (2006) 1192-1198
- 132 Schottle, P.B., Schmeling, A., Rosenstiel, N. and Weiler, A., Radiographic landmarks for femoral tunnel placement in medial patellofemoral ligament reconstruction. *Am J Sports Med*. 35 (2007) 801-804

- 133 Senavongse, W. and Amis, A.A., The effects of articular, retinacular, or muscular deficiencies on patellofemoral joint stability. *J Bone Joint Surg Br.* 87 (2005) 577-582
- 134 Senavongse, W., Farahmand, F., Jones, J., Andersen, H., Bull, A.M. and Amis, A.A., Quantitative measurement of patellofemoral joint stability: force-displacement behavior of the human patella in vitro. *J Orthop Res.* 21 (2003) 780-786
- 135 Servien, E., Fritsch, B., Lustig, S., Demey, G., Debarge, R., Lapra, C. and Neyret, P., In vivo positioning analysis of medial patellofemoral ligament reconstruction. *Am J Sports Med.* 39 (2011) 134-139
- 136 Sillanpaa, P.J., Mattila, V.M., Maenpaa, H., Kiuru, M., Visuri, T. and Pihlajamaki, H., Treatment with and without initial stabilizing surgery for primary traumatic patellar dislocation. A prospective randomized study. *J Bone Joint Surg Am.* 91 (2009) 263-273
- 137 Sillanpaa, P.J., Mattila, V.M., Visuri, T., Maenpaa, H. and Pihlajamaki, H., Patellofemoral osteoarthritis in patients with operative treatment for patellar dislocation: a magnetic resonance-based analysis. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 19 (2011) 230-235
- 138 Smirk, C. and Morris, H., The anatomy and reconstruction of the medial patellofemoral ligament. *Knee.* 10 (2003) 221-227
- 139 Smith, T.O., Walker, J. and Russell, N., Outcomes of medial patellofemoral ligament reconstruction for patellar instability: a systematic review. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 15 (2007) 1301-1314
- 140 Sonin, A.H., Fitzgerald, S.W., Bresler, M.E., Kirsch, M.D., Hoff, F.L. and Friedman, H., MR imaging appearance of the extensor mechanism of the knee: functional anatomy and injury patterns. *Radiographics.* 15 (1995) 367-382
- 141 Sperner, G., Benedetto, K.P. and Glotzer, W., [Pathology, diagnosis and therapy of patellar dislocation]. *Sportverletz Sportschaden.* 4 (1990) 69-72
- 142 Spritzer, C.E., Courneya, D.L., Burk, D.L., Jr., Garrett, W.E. and Strong, J.A., Medial retinacular complex injury in acute patellar dislocation: MR findings and surgical implications. *AJR Am J Roentgenol.* 168 (1997) 117-122
- 143 Steensen, R.N., Dopirak, R.M. and McDonald, W.G., 3rd, The anatomy and isometry of the medial patellofemoral ligament: implications for reconstruction. *Am J Sports Med.* 32 (2004) 1509-1513
- 144 Steiner, T.M., Torga-Spak, R. and Teitge, R.A., Medial patellofemoral ligament reconstruction in patients with lateral patellar instability and trochlear dysplasia. *Am J Sports Med.* 34 (2006) 1254-1261
- 145 Strobl, W. and Grill, F., [Patellar luxation]. *Orthopade.* 27 (1998) 197-205

- 146 Tanner, S.M., Garth, W.P., Jr., Soileau, R. and Lemons, J.E., A modified test for patellar instability: the biomechanical basis. *Clin J Sport Med.* 13 (2003) 327-338
- 147 Tardieu, C. and Dupont, J.Y., [The origin of femoral trochlear dysplasia: comparative anatomy, evolution, and growth of the patellofemoral joint]. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot.* 87 (2001) 373-383
- 148 Tecklenburg, K., Dejour, D., Hoser, C. and Fink, C., Bony and cartilaginous anatomy of the patellofemoral joint. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 14 (2006) 235-240
- 149 Tegner, Y. and Lysholm, J., Rating systems in the evaluation of knee ligament injuries. *Clin Orthop Relat Res.* (1985) 43-49
- 150 Teitge, R.A., Faerber, W.W., Des Madryl, P. and Matelic, T.M., Stress radiographs of the patellofemoral joint. *J Bone Joint Surg Am.* 78 (1996) 193-203
- 151 Tuxoe, J.I., Teir, M., Winge, S. and Nielsen, P.L., The medial patellofemoral ligament: a dissection study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 10 (2002) 138-140
- 152 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.* 57 (1986) 331-333
- 153 Varadarajan, K.M., Gill, T.J., Freiberg, A.A., Rubash, H.E. and Li, G., Gender differences in trochlear groove orientation and rotational kinematics of human knees. *J Orthop Res.* 27 (2009) 871-878
- 154 Verdonk, P., Bonte, F. and Verdonk, R., [Lateral retinacular release]. *Orthopade.* 37 (2008) 884-889
- 155 Verdonk, R., Jansegers, E. and Stuyts, B., Trochleoplasty in dysplastic knee trochlea. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 13 (2005) 529-533
- 156 Walch, G. and Dejour, H., Radiology in femoro-patellar pathology. *Acata Orthop Belg.* 55 (1989) 371-380
- 157 Warren, L.A., Marshall, J.L. and Girgis, F., The prime static stabilizer of the medial side of the knee. *J Bone Joint Surg Am.* 56 (1974) 665-674
- 158 Wortler, K., [MR imaging of the knee]. *Radiologe.* 47 (2007) 1131-1143

9 Anhang



Abteilung und Poliklinik für Sportorthopädie
der Technischen Universität München
Leitung: Univ.-Prof. Dr. A. B. Imhoff



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, 3 Monate, 6 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



Abteilung und Poliklinik für Sportorthopädie
der Technischen Universität München
Leitung: Univ.-Prof. Dr. A. B. Imhoff



Patientenfragebogen

Name: _____ Vorname: _____

Geburtsdatum: _____ Beruf: _____

Untersuchungsdatum: _____

Wann ist Ihnen erstmals die Kniescheibe herausgesprungen? (nur präop) _____

Welche Seite ist betroffen? (nur präop)

Rechts Links

Wie ist es passiert? (nur präop)

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

Wie oft ist die Kniescheibe seither herausgesprungen? (nur präop)

Traumatisch: _____ Atraumatisch: _____

Konnten Sie die Kniescheibe selbstständig an die urspr. Lage zurückführen?
(nur präop)

Ja Nein

Besteht bei Ihrem anderen Knie dieselbe Problematik? (nur präop)

Ja Nein

Tritt in ihrer Familie die Patellaluxation gehäuft auf? (nur präop)

Ja mütterlicherseits Nein
 väterlicherseits

Hatten Sie orthopädische Voroperationen? (nur präop)

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

Haben Sie andere Vorerkrankungen? (nur präop)

- Ja, (welche?) _____
- Nein

Rauchen Sie?

- Ja Nein

Trinken sie Alkohol?

- Nie Gelegentlich Täglich

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

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): _____

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

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? (1 a postop)

- 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?
(1 a postop)

Ja

Nein, weil _____

Subjektives Befinden (Welche Beschwerden liegen vor?)

Bei welchen Bewegungen tritt ein Unsicherheitsgefühl (Luxationsangst) auf?

Tegner Aktivitätsscore

Welches ist die anspruchsvollste 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 (national und internationale Turniere: Fußball, Hallensport mit Gegnerkontakt)	10

Alternierender 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 **Kniebeugung**?

<input type="checkbox"/> Keine Probleme	5
<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 unerträgliche 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

_____ %



Abteilung und Poliklinik für Sportorthopädie
der Technischen Universität München
Leitung: Univ.-Prof. Dr. A. B. Imhoff



Klinische Untersuchung

Name: _____ Vorname: _____

Geburtsdatum: _____ Untersuchungsdatum: _____

Körpergröße: _____ Körpergewicht: _____

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

- Beinachse:**
- Gerade
 - Genu valgum
 - Genu varum
 - Genu recurvatum

- Intoeing:**
- Stark
 - Leicht
 - Nicht ausgeprägt

- Muskulatur:** Atrophie O.p.B

Derma / Narbe: _____

DMS: _____

Entzündungszeichen: Ja Nein

Schwellung: Ja Nein

ROM F/E: _____°/_____°/_____°

Schmerzbedingtes Flex./Ext.defizit: Ja (ab ___°) Nein

Crepitationen: Ja Nein

Erguss: Ja Nein

Druckschmerzpunkte: _____

Mediale softness: Positiv Negativ

Laterale softness: Positiv Negativ

Kompressionsschmerz: Positiv Negativ

„Schöttle-Test“: Positiv 0° Negativ
 30°
 60°
 90°

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



Abteilung und Poliklinik für Sportorthopädie
der Technischen Universität München
Leitung: Univ.-Prof. Dr. A. B. Imhoff



Bildgebende Verfahren

Name: _____ Vorname: _____

Geburtsdatum: _____

Termin: Präoperativ
 12 Monate postoperativ

Röntgen

Patellahöhe (CDI): _____ (0,8 - 1,2)

Femorale Insertion: x: _____ y: _____

Osteochondraler Flake: Positiv _____
 Negativ

Stadieneinteilung der Arthrose nach Kellgren:

Grad I	Geringe subchondrale Sklerosierung Keine Osteophyten Keine Gelenkspaltverschmälerung	
Grad II	Geringe Gelenkspaltverschmälerung Beginnende Osteophytenbildung Angedeutete Unregelmäßigkeit der Gelenkfläche	
Grad III	Ausgeprägte Osteophytenbildung Gelenkspaltverschmälerung Deutliche Unregelmäßigkeit der Gelenkfläche	
Grad IV	Ausgeprägte Gelenkspaltverschmälerung bis zur vollständigen Destruktion Deformierung der Gelenkpartner Nekrose der Gelenkpartner	

Magnetresonanztomographie

MPFL-Ruptur: Patellar Intramural
 Femoral Dysplasie

Trochleadysplasie : Typ _____

TTTG-Abstand: _____ mm (12-15 mm)

Tilt: _____ ° (< 5°)

Shift: _____ mm (< 2,5 mm)

ICRS - Klassifikation:

Grad 0	Keine erkennbaren Defekte	
Grad 1a	Intakte Oberfläche, Fibrillationen und/oder leichte Erweichungen	
Grad 1b	zusätzliche oberflächliche Risse und Fissuren	
Grad 2	Läsionstiefe <50% der Knorpeldicke (abnormaler Knorpel)	
Grad 3 a	>50% Tiefe der Knorpeldicke, nicht bis zur kalzifizierten Schicht (schwer abnormaler Knorpel)	
Grad 3 b	>50% Tiefe der Knorpeldicke, bis zur kalzifizierten Schicht	
Grad 3 c	>50% Tiefe der Knorpeldicke, bis zur subchondralen Platte	
Grad 3 d	>50% Tiefe der Knorpeldicke, mit Blasenbildung	
Grad 4 a/b	vollständige Knorpelläsion mit Durchbruch der subchondralen Platte	

10 Danksagung

An erster Stelle möchte ich Herrn Prof. Dr. A. B. Imhoff danken, dass er mir dieses hochinteressante Thema anvertraut hat und ich die Studie in seiner Abteilung durchführen durfte.

Besonderen Dank gilt Herrn PD Dr. med. Philip B. Schöttle für die hervorragende Betreuung, sein Engagement und für die mir gewährten Freiräume bei der Durchführung dieser Studie. Er führte mich in das Themengebiet ein und lehrte mich die Prinzipien des selbständigen wissenschaftlichen Arbeitens. Ich danke ihm für die vielen fachlichen Diskussionen, Ratschläge und seine Unterstützung.

Herzlich bedanken möchte ich mich bei Herrn Dr. med. Knut Beitzel, der mich während der gesamten Zeit zielstrebig und äußerst kompetent sowie mit großer Motivation begleitete. Seine konstruktive Kritik sowie wertvollen Hinweise und Anregungen haben entscheidend zum Erfolg dieser Arbeit beigetragen.

Weiterhin bedanken möchte ich mich bei:

Frau Dipl.-Statistikerin Petra Heinrich für die wertvollen Ratschläge zur statistischen Auswertung.

Allen teilnehmenden Patienten, ohne die diese Studie nicht möglich gewesen wäre.

Dem gesamten Team der Abteilung und Poliklinik für Sportorthopädie für die sehr gute und angenehme Zusammenarbeit.

Ein besonderer Dank gilt auch meinem Bruder, Dipl.-Betriebswirt Markus Münch, der mir jederzeit beratend zur Seite stand.