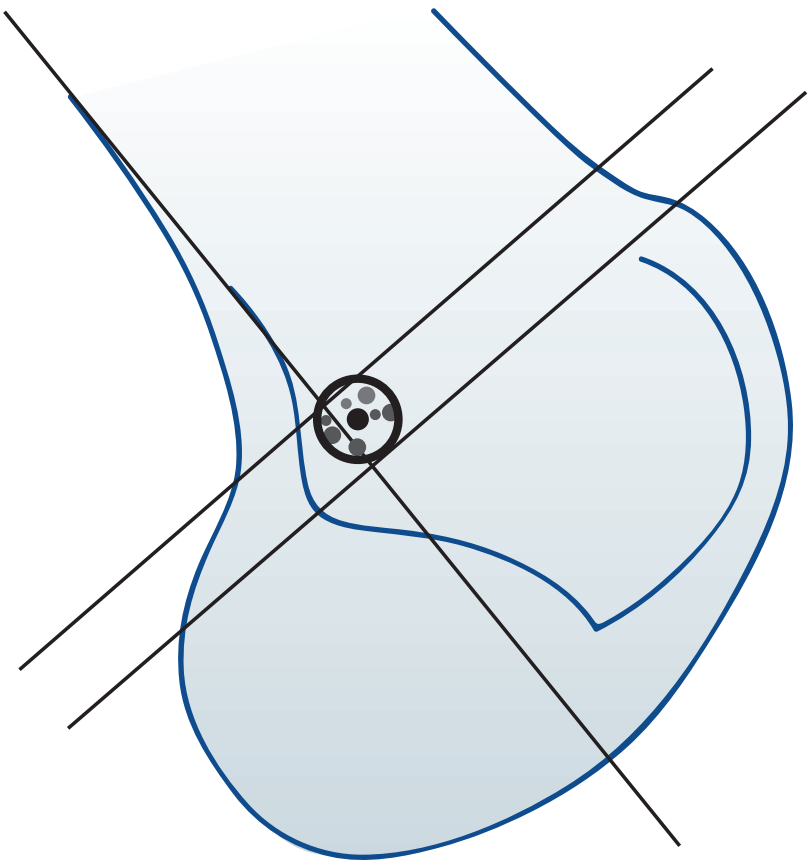
Die Therapie der instabilen Patella

AGA-Komitee-Knie-Patellofemoral



www.aga-online.de

find us in: facebook

KOMITEE
KNIE-PATELLOFEMORAL

M.4® X-lock

Für alle Indikationen, die axiale Belastung in der postoperativen Therapie zulassen.

Sichere Blockierung in Vollextension
Patienten sind mobiler, Muskelatrophie wird vorgebeugt.

Umstellung in den freien Bewegungsmodus im unbelasteten Zustand
Bequemes Sitzen und frühfunktionelle Übungen möglich.

Die Therapie der instabilen Patella

Der Begriff Therapie entstammt dem altgriechischen „therapeia“, das mit Dienst oder Heilung übersetzt wird. Heute verstehen wir darunter alle Maßnahmen die zum Behandeln einer Krankeit oder Verletzung – aufgrund einer zuvor gestellten Diagnose - ergriffen werden.

Es ist also in diesem Sinne nur konsequent, wenn wir nach der Auseinandersetzung mit der Diagnostik des patellofemoralen Gelenkes im ersten Heft, nun den nächsten Schritt weiter gehen.

Das AGA-Komitee „Knie-patellofemoral“ gibt Ihnen mit dem zweiten Heft nun einen umfassenden Einblick über Therapieoptionen der patellofemoralen Instabilität – von der nicht-operativen Behandlung über reine Weichteileingriffe bis hin zu aufwändigen knöchernen Korrekturen. Als Wegweiser dient der von uns erstellte Behandlungsalgorhythmus, der Ihnen aus dem Diagnostik-Heft schon bekannt ist. Wir bieten Ihnen damit ein praxistaugliches Tool, das individuelle Therapieentscheidungen ermöglicht. In einem eigenen Kapitel werfen wir einen Blick über den großen Teich, wo uns Dan Green einen Einblick in seine Erfahrungen bei jungen Patienten mit offenen Epiphysenfugen gibt.

Wir haben ganz bewußt, ätiopathologische Grundlagen weitestgehend weggelassen, da diese im ersten Heft – das für AGA-Mitglieder weiterhin kostenfrei erhältlich ist – umfassend dargestellt wurden. Interessierte können hier vertiefend weiterlesen.

Im Namen des gesamten Komitees hoffen wir Ihnen einen interessanten Überblick über den aktuellen Stand der Therapie der Kniescheibeninstabilität zusammengestellt zu haben und wünschen Ihnen informative Eindrücke beim Lesen des Heftes.

Florian Dirisamer & Philip Schöttle

KOMITEE
KNIE-PATELLOFEMORAL

Inhaltsverzeichnis

1. Indikation für konservative und operative Behandlungsoptionen ... 8
- 1.1 Erstluxation der Patella ... 8
- 1.2 Rezidivluxation ... 9
- 1.3 Patellaluxation bei offenen Wachstumsfugen ... 10

2. Konservative Therapie der Patellainstabilität ... 14
- 2.1 Ziele der konservativen Therapie ... 14
- 2.1 Multimodale Therapie ... 15

3. Die Bedeutung des Transfers der Tuberositas tibiae in der Therapie der instabilen Patella ... 22
- 3.1 Hintergrund ... 22
- 3.2 Indikation ... 22
- 3.3 Kontraindikationen zum Tuberositas Transfer ... 24
- 3.4 Operative Technik ... 24
- 3.5 Nachbehandlung ... 25
- 3.6 Ergebnisse ... 26

4. Die Bedeutung des lateralen Retinakulum Release und der lateralen Retinakulumverlängerung in der Therapie der patello-femoralen Instabilität ... 28
- 4.1 Stellenwert des lateralen Release bei instabiler Patella ... 28
- 4.2 Indikation der Verlängerung des lateralen Retinakulum ... 28
- 4.3 Technische Durchführung der lateralen Retinakulumverlängerung ... 29
- 4.4 Kontraindikation ... 29
- 4.5 Komplikationen ... 29
- 4.6 Ergebnisse der lateralen Retinakulum Verlängerung ... 30
- 4.7 Therapie der medialen Instabilität ... 30
- 4.8 Fallbeispiel ... 30

5. MPFL – Funktion, Sinn und Unsinn ... 33
- 5.1 Indikation für eine MPFL-Rekonstruktion ... 33
- 5.2. Kontraindikation für eine isolierte MPFL-Rekonstruktion ... 34
- 5.3 Operationstechnik “aperture fixation” ... 35
- 5.4 Technik bei noch nicht verschlossenen Epiphysenfugen ... 39
- 5.5. Empfohlene Nachbehandlung ... 40

6. Die Therapie der instabilen Patella – Dynamische MPFL-Rekonstruktion ... 41
- 6.1 Indikationen zur dynamischen MPFL-Rekonstruktion ... 41
- 6.2 Kontraindikationen zur dynamischen MPFL-Rekonstruktion ... 41
- 6.3 Operative Technik ... 42
- 6.4 Nachbehandlung ... 43

7. MPFL – Rekonstruktion mit Quadricepssehnenstreifen und Transfer der Sehne des Musculus adductor magnus ... 44
- 7.1 Evidenz-basierte Bewertung der MPFL-Rekonstruktion mit Quadricepssehne ... 44
- 7.2 Evidenz-basierte Bewertung der MPFL-Rekonstruktion mit Adduktor-Magnus-Sehne ... 44
- 7.3 Bevorzugte Technik der Autoren: MPFL-Rekonstruktion mit Quadriceps-Sehne ... 44

7.4 Bevorzugte Technik der Autoren: MPFL-Rekonstruktion mit Adduktor-Magnus-Sehne ... 46
7.5 Nachbehandlung beider beschriebener Techniken ... 47
7.6 Anwendbarkeit beider Techniken bei offenen Wachstumsfugen / beim jungen Patient ... 48

8. Komplikationsmanagement nach MPFL-Rekonstruktion ... 50
8.1 Chirurgisch-technische Komplikationen ... 50
8.2 Komplikationen durch fehlerhafte Indikationsstellung ... 54

9. Medialisierung und Distalisierung des Ligamentum patellae bei Kindern ... 56
9.1 Indikation ... 56
9.2 Operationstechnik ... 57
9.3 Nachbehandlung ... 58

10. Trochleaplastik bei Trochleadysplasie ... 61
10.1 Faktoren der patellofemoralen Stabilität ... 61
10.2 Pathoanatomie der Trochleadysplasie ... 61
10.3 Pathomechanismus der Patella(-sub)luxation bei Trochleadysplasie ... 61
10.4 OP-Indikation für eine Trochleaplastik ... 62
10.5 Ziel der Trochleaplastik ... 62
10.6 Operatives Vorgehen ... 62
10.7 Die Rolle des MPFL ... 64
10.8 Postoperatives Management ... 64

11. Femurderotation und Komplexe Instabilität ... 66
11.1 Biomechanik ... 66
11.2 Indikation ... 67
11.3 Diagnostik ... 67
11.4 OP Technik ... 67
11.5 Tipps & Tricks ... 69
Komplexer Fall 1 ... 71
Komplexer Fall 2 ... 74
Komplexer Fall 3 ... 77

12. Surgical Treatment of Pediatric Patella Instability ... 80
12.1 Background ... 80
12.2 Classification ... 80
12.3 Pediatric Risk Factors for Recurrence ... 80
12.4 The MPFL and the Pediatric Patient ... 82
12.5 Indications ... 82
12.6 Overview of Surgical Techniques ... 82
12.7 Overview of Surgical Techniques- Pediatric MPFL Reconstruction ... 82
12.8 Pediatric Distal Realignment ... 85
12.9 Complications Following MPFL Reconstruction ... 86
12.10 Conclusion ... 87

Untersuchung bestätigt Wirksamkeit

Patella Pro: Das Mittel gegen vorderen Knieschmerz

- Gezielte Führung der Patella in Flexion und Extension
- Perfekt auf den Patienten einstellbar
- Bewährt im Alltag
- Wissenschaftliche Untersuchungen als Download unter: www.ottobock.de/patellapro

Quality for life

www.ottobock.de

www.ottobock.de · orthetik@ottobock.de · T 05527 848-3455

© Ottobock · 30000-01-1510

Autoren

PD Dr. med.
René Attal
» Universitätsklinik für Unfallchirurgie
» Innsbruck, Österreich

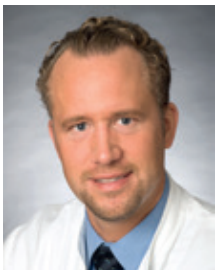
PD Dr. med.
Peter Balcarek
» ARCUS-Sportklinik
» Pforzheim, Deutschland

PD Dr. med.
Christoph Becher
» ATOS-Klinik
» Heidelberg, Deutschland

Dr. med.
Florian Dirisamer
(Stellv. Leiter)
» Orthopädie&Sportchirurgie
» Linz, Österreich

Daniel W. Green
MD, MS, FAAP, FACS
» Hospital for Special Surgery
» NY USA

PD Dr. med.
Michael Liebensteiner
» Universitätsklinik für Orthopädie
» Innsbruck, Österreich



PD Dr. med.
Geert Pagenstert
» Orthopädische Universitätsklinik
» Basel, Schweiz

PD Dr. med.
Philip Schöttle
(Leiter)
» Isar Klinikum
» München, Deutschland

Dr. med.
Gerd Seitlinger
» KH Oberndorf Lehrkrankenhaus der PMU
» Salzburg, Österreich

Dr. med.
Daniel Wagner
» Sport Medizin Stuttgart GmbH
» Stuttgart, Deutschland

1. Indikation für konservative und operative Behandlungsoptionen

(Peter Balcarek, Michael Liebensteiner)

Die folgenden Indikationen für konservative und operative Behandlungsoptionen schließen unmittelbar an die „Therapiealgorithmen“ des ersten Heftes an. Unter Berücksichtigung der aktuellen Literatur sollen sie an dieser Stelle detaillierter betrachtet werden, ohne jedoch Grundlegendes an der Herangehensweise und den Therapieprinzipien zu verändern.

Wie schon zuvor beschrieben orientiert sich die Entscheidung für das jeweilige therapeutische Vorgehen eng an den Befunden der klinischen Untersuchung, den anatomischen Risikofaktoren und dem Verletzungsmuster. Insbesondere die klinische Untersuchung der Patellainstabilität über die verschiedenen Flexionsgrade des Kniegelenks hat sich hierbei zu einem wesentlichen klinischen Tool der therapeutischen Entscheidungsfindung entwickelt.

1.1 Erstluxation der Patella

Die anamnestische Erhebung des Unfallmechanismus/Luxationsmechanismus gibt bereits wichtige Hinweise auf eine mögliche zugrunde liegende anatomische Veranlagung (oftmals geringes oder nicht adäquates Trauma). Neben der eingehenden klinischen Untersuchung ist ein Röntgenbild des Kniegelenks in 2 Ebenen, eine Patella-Tangentialaufnahme und eine Kernspintomographie zum sicheren Ausschluss eines Knorpel-Knochen-Abscherfragments (Flake-Fraktur) erforderlich. Diese bildgebenden Verfahren ermöglichen außerdem die weitere essentielle Befunderhebung bezüglich akuter Knorpelverletzungen, der Rupturlokalisation des MPFL, der Trochleadysplasie, des TT-TG und des TT-PCL Abstands, des Patella Tilts und der Patellahöhe. Diese Faktoren sind, neben epidemiologischen Parametern wie dem Patientenalter oder eine vorhandene kontralaterale Instabilität relevant, um das jeweilige anlagebedingte Risiko einer Reluxation erfassen zu können (1, 2) (◘ **Abb. 1** und **Abb. 2**). Die Diagnostik sollte gegebenenfalls auch durch eine Ganzbeinaufnahme zur Achsbestimmung und durch ein Torsions-CT/MRT der gesamten Extremität ergänzt werden.

Aus Anamnese, Krankenakten bzw. Bildgebung sollte auch einwandfrei die Luxationsrichtung (lateral vs. medial) festgestellt werden können.

Der Nachweis einer Flake-Fraktur stellt in der Regel eine Indikation zur primären operativen Therapie dar. Hierbei wird eine Refixation des Fragments angestrebt, soweit dies Größe und Beschaffenheit zulassen. Zeigt sich in der präoperativen Diagnostik eine geringe Ausprägung der anatomischen Risikofaktoren (PIS Score ≤3 Punkte; 0-1 Risikofaktor, s. ◘ **Abb. 1** und **Abb. 2**) wird eine Naht oder Refixation des verletzten MPFL bei diesen Patienten wahrscheinlich ausreichend sein. Findet sich jedoch ein Wert von ≥ 4 Punkte oder die Kombination aus ≥ 2 Faktoren steigt das Risiko einer Reluxation, so dass in diesen Fällen auch primär zu einer MPFL-Plastik geraten werden kann. Dies ist auch bei denjenigen Patienten in Erwägung zu ziehen, die ohne Nachweis einer Flake-Fraktur prinzipiell primär konservativ therapiert werden könnten, allerdings mit hoher Wahrscheinlichkeit eine Reluxation erleiden werden. Diese Patienten sollten eingehend über die Gefahr der erneuten Luxation und den damit verbundenen Risiken für das Patellofemoralgelenk aufgeklärt werden. Unter Berücksichtigung der oftmals guten Ergebnisse der MPFL Plastik zeigen sich in diesem Zusammenhang zunehmend bessere Daten nach primär operativer Therapie der Patellaerstlu-

Risikofaktor	Punkte
Alter	
>16 Jahre	0
≤ 16 Jahre	1
kontralaterale Instabilität oder bekannte Bindegewebserkrankung (zb. Ehlers-Danlos)	
nein	0
ja	1
Trochleadysplasie	
nein	0
leicht (Typ A)	1
schwer (Typ B-D)	2
Patellahöhe nach Insall Salvati	
≤ 1.2	0
> 1.2	1
TT-TG Abstand (mm)	
< 16	0
≥ 16	1
Patella Tilt (°)	
≤ 20	0
> 20	1
Gesamtpunktzahl	7

Abb. 1 ▲ Patellar Instability Severity-(PIS-)Score (modifiziert nach Balcarek et al., KSSTA 2014)

Anzahl der Risikofaktoren	Zu erwartendes durchschnittliches Risiko einer Reluxation (%)
0	13.8
1	30.01
2	53.6
3	74.8
4	88.4

Abb. 2 ▲ Zu erwartendes Reluxationsrisiko basierend auf der Anzahl vorliegender Risikofaktoren. Berücksichtigte Risikofakoren: Trochleadysplasie, kontralaterale Luxation, offene Wachstumsfugen und Caton-Deschamps Index >1.45 (modifiziert nach Jaquith and Parikh, J Pediatr Orthop, 2015)

xation im Vergleich zur konservativen Therapie (3-6). Es scheint sich daher langsam ein Paradigmenwechsel abzuzeichnen, der zunehmend die primär operative Therapie der Erstluxation in den Vordergrund rückt, auch wenn die Evidenz- und Studienlage hierzu noch nicht befriedigend ist. Neben der MPFL-Plastik sollten dabei eventuell Eingriffe zur Beseitigung von weiteren Risikofaktoren sinnvoll ergänzend werden (s. Rezidivluxation der Patella). Das dignostische und therapeutische Vorgehen zur Behandlung der Patella-Erstluxation ist in ◘ **Abb. 3** zusammenfassend dargestellt.

1.2 Rezidivluxation

Wie bei der Erstluxation sind Patienten mit einer Rezidivluxation der Patella entsprechend den Prinzipien der klinischen Untersuchung und der Diagnostik umfassend zu analysieren.

Für die Einschätzung und für die Therapie richtungsweisend ist hierbei insbesondere die Charakterisierung der Patellainstabilität in den verschiedenen Beugegraden des Kniegelenks (◘ **Abb. 4**). Eine isolierte Instabilität der Patella zwischen 0°-30° Knieflexion deutet auf eine Insuffizienz der passiven Stabilisatoren (insb. des MPFL) hin. Diese „einfache“ Form der Instabilität lässt sich in der Regel durch einen isolierten Eingriff (meist MPFL-Plastik) ausreichend therapieren und betrifft ca. 70-80% aller Patienten. Bei korrekter Indikationsstellung lassen sich hiermit überwiegend gute und sehr gute Ergebnisse mit geringer Reluxations- (~2%) und Komplikationsrate erzielen (7, 8).

Besteht aber eine Instabilität über 30° Knieflexion hinaus (bis ca. 60° Knieflexion), bedeutet dies meist eine zusätzliche Anomalie der statischen Faktoren. Oftmals besteht eine schwere Form der Trochleadysplasie (Typ B-D n. Dejour), die isoliert oder auch zusätzlich mit einer Alignmentstörung (proximal/distal) kombiniert vorkommen kann. Diese „komplexere“ Form der Instabilität lässt sich meist nur durch die Kombination verschiedener Eingriffe ausreichend therapieren. Auch hierbei stellt unserer Meinung nach die MPFL-Plastik die Basistherapie für den streknahen Bereich der Patellainstabilität dar. Die Indikation für eine ergänzende Trochleaplastik ergibt sich insbesondere bei den Dysplasietypen vom Typ D n. Dejour (konvexe laterale Trochleaeingangsebene, prominenter Bump, klinisch oftmals deutliches J-sign) und bei einem Teil der Typ B Dysplasien (flache Trochleaeingangsebene, evtl. erhöhter Bump). Biomechanisch konnte gezeigt werden, dass insbesondere aus diesen beiden Typen der Dysplasie eine reduzierte Stabilität der Patella, ein erhöhter Anpressduck bei verminderter Kontaktfläche und ein erhöhter Patella Tilt mit vermehrter Lateralisation resultiert (9). Die nicht behandelte Trochleadysplasie gilt als zentraler Grund fehlgeschlagener vorausgegangenen Stabilisierungsoperationen. Gleiches konnte auch für die Torsionsabweichungen gezeigt werden (10, 11). Die Trochleaplastik sowie die Torsionssoteotomien sollten daher auch zunehmend als Primäreingriff verstanden und nicht ausschließlich als Revisionseingriff („Salvage Prozedur“) nach frustranen Voroperationen in Erwägung gezogen werden (12).

Die MPFL-Plastik ist in der Lage die Kinematik des Patellofemoralgelenks bis zu einem TT-TG Abstand von 15(20) mm wieder herzustellen (13). Darüberhinaus sollte eine Osteotomie der Tuberositas tibiae zur Korrektur des distalen Malalignments oder einer Patella alta diskutiert werden. Hierzu kann eine Medialisierung, Anteromedialisierung oder Distalisierung durchgeführt werden. Neben der klinischen Beurteilung der Tub. tibiae in Streckung und Beugung des Kniegelenks ist hierfür die Messung des TT-TG und des TT-PCL Abstands erforderlich. Eine “echte” Lateralisation der Tub. tibiae wird durch einen erhöhten TT-PCL Abstand gesichert (14). Im Falle einer gleichzeitig

vorhandenen Trochleadysplasie scheint der TT-PCL Abstand besonders attraktiv, da hier der Trochlea-Sulcus (TG, Trochlea groove) nur vage festgelegt werden kann. Die Patellahöhe wird am seitlichen Röntgenbild nach etablierten Indices (Caton-Deschamps, Insall/Salvati, u.a.) bestimmt. Am MRT empfiehlt sich die Beurteilung des Patella-Trochlea-Index. Eine Überlappung der knorpeligen Patellarückfläche mit der proximalen Trochlea von weniger als 12% darf hierbei als zu gering angenommen werden (15). Zu beachten ist, dass die MPFL-Plastik selbst eine gewisse Distalisierung der Patella bewirkt. Erfolgt eine simultane Distalisierung der Tub. tib. ist eine übermäßige Distalisierung in jedem Fall zu vermeiden.

Die permanent (sub)luxierte Patella oder Luxationsereignisse in 90° Knieflexion sind meist durch ausgeprägte proximale und/oder distale Achs- und Torsionsanomalien in Kombination mit schweren Formen der Trochleadysplasie und Kontrakturen des lateralen Retinakulums gekennzeichnet. In seltenen Fällen kann auch eine ausgeprägte Hypoplasie des lateralen Femurkondylus oder eine schräg abfallende Kniebasislinie ursächlich sein. Diese Veränderungen stellen entsprechende Herausforderungen an die operative Therapie dar. Sie bedürfen meist einer komplexen knöchernen femoralen und/oder tibialen Alignmentkorrektur in Kombination mit einer MPFL-Plastik. Gegebenenfalls muss der Eingriff auch durch eine Trochleaplastik oder eine laterale Retinakulum-Verlängerung erweitert werden.

Wenn rezidivierende Patellaluxationen auf Basis einer Trochleadysplasie auftreten und bereits ausgeprägte sekundäre degenerative Veränderungen bestehen, sollte auch eine Patellofemoral-Prothese in die differentialtherapeutischen Überlegungen mit einbezogen werden. Diese quasi künstliche Form der Trochleaplastik führt besonders bei diesen Patienten oft zu einem sehr günstigen Outcome.

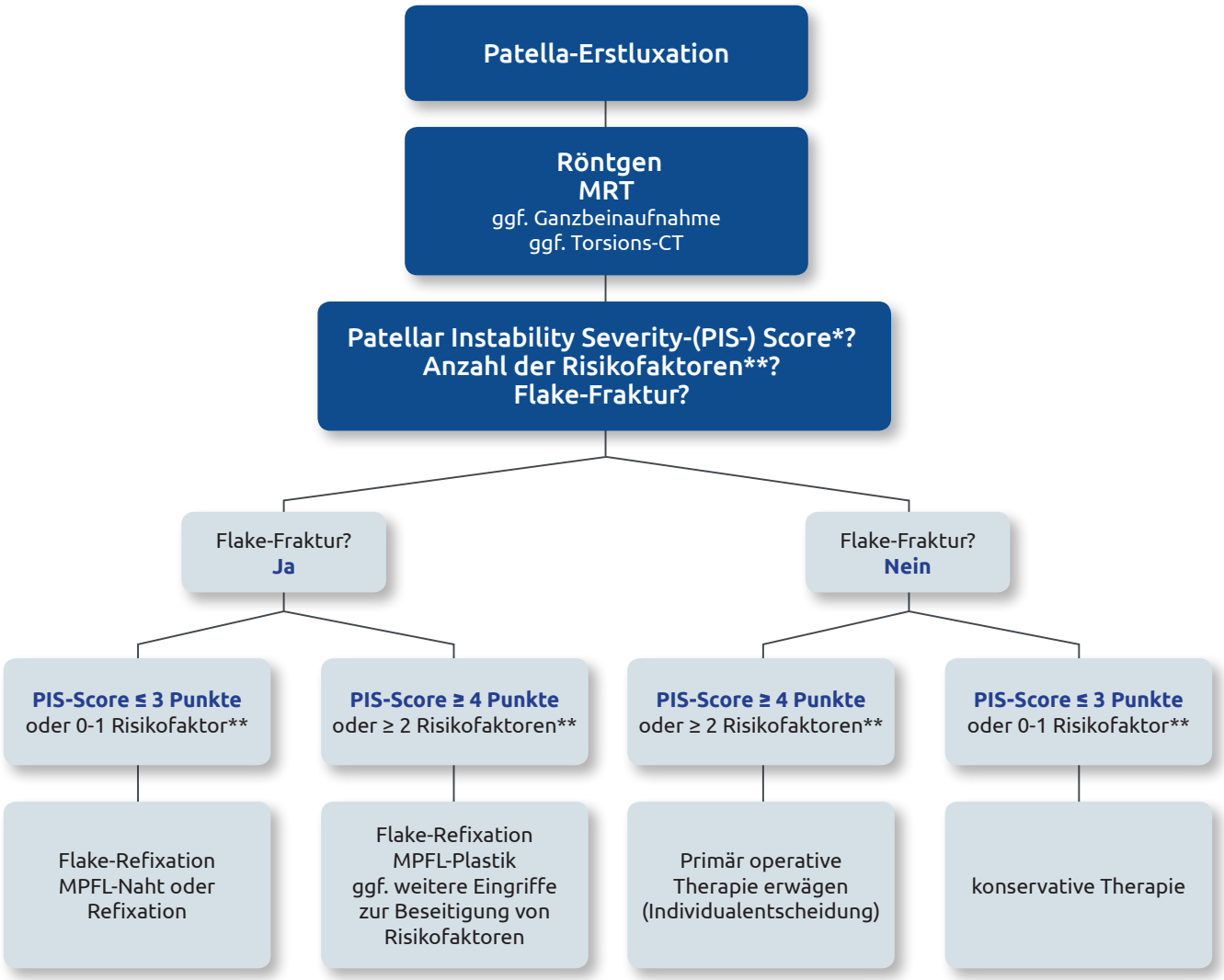
Besonders bei Rezidiv-Luxationen nach bereits mehrfach erfolgten Voroperationen sollte auch der Verlauf der Narben für den eigenen Eingriff mit berücksichtigt werden. Es hat sich bewährt, vorbestehende Narben per Foto-Dokumentation festzuhalten. Diese stehen dann zu einem späteren Zeitpunkt im Rahmen der Operationsplanung zur Verfügung.

1.3 Patellaluxation bei offenen Wachstumsfugen

Die kindliche Patellaluxation unterscheidet sich in Diagnostik und Analyse prinzipiell nicht von denen Erwachsener. Auch hier sollte die klinische und bildgebende Untersuchung klar die auslösenden Faktoren der Patellainstabilität aufdecken. Die operativen Therapiemöglichkeiten müssen sich dann an den offenen Wachstumsfugen am distalen Femur, der proximalen Tibia und der Tibiaapophyse orientieren.

Zunehmend setzt sich auch bei Kindern die anatomische MPFL-Plastik als Therapie der Wahl durch. Untersuchungen zur femoralen MPFL Insertion konnten den Ansatz des MPFL distal der Epiphysenfuge ausmachen (16), so dass eine femorale Bohrkanalplatzierung distal der Wachstumsfuge eine anatomische Rekonstruktion möglich macht. Bei einen Durchschnittsalter von 12 Jahren wurden mit dieser Technik bislang keine relevanten Wachstumsstörungen berichtet (17). Bei noch jüngeren Patienten verringert sich jedoch der Abstand zwischen Epiphysenfuge und femoralem MPFL Ansatz auf wenige Millimeter. Andere Techniken verzichten daher komplett auf knöcherne Manipulationen in diesem Bereich. Hierzu zählen die Semitendinosus- oder Gracilissehnen-Tenodese, die Adductor magnus-Tenodese oder die Adductor-Sling Technik.

Korrekturen des distalen Malalignments oder der Patella alta können durch weichteilige Korrekturen des Patellasehnenansatzes (Medialisierung/Distalisierung) auch im Kindesalter durchgeführt werden, während die Korrekturen der Trochlea und der Torsion dem Wachstumsabschluss vorbehalten bleiben. Relevante Achsabweichungen in der Frontalebene (insb. das Genu valgum) können allerdings wachstumslenkend über eine (temporäre) Hemiepiphysiodese mit korrigiert werden.



*Which Patellae are likely to redislocate? Balcarek et al. KSSTA 2014
**Predictors of recurrent patellar instability in children and adolescents after first-time dislocation. Jaquith and Parikh, J Pediatr Orthop, 2015

Abb. 3 ▲ Behandlungs-Algorithmus der lateralen Patella-Erstluxation. Das Risiko-Assessment erfolgt anhand der in Abb. 1 und 2 dargestellten Faktoren. © 2016 AGA-Komitee-Knie-Patellofemoral

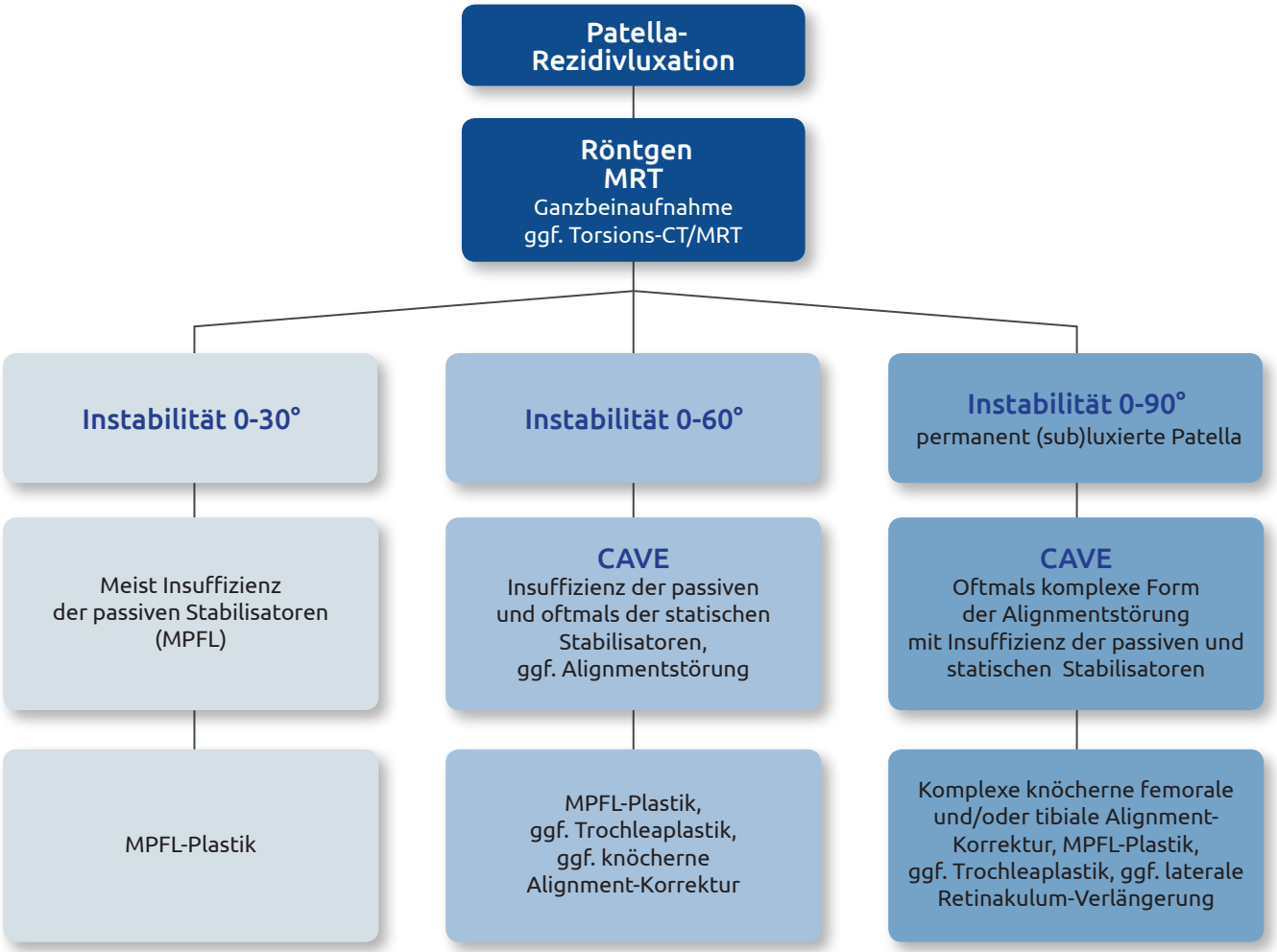


Abb. 4 ▲ Behandlungs-Algorithmus der rezidivierenden lateralen Patella-Luxation. © 2016 AGA-Komitee-Knie-Patellofemoral

Literatur:

(1) Balcarek P, Oberthür S, Hopfensitz S, Frosch S, Walde TA, Wachowski MM, et al. Which patellae are likely to redislocate? Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2014 Oct;22(10):2308-14.

(2) Jaquith BP, Parikh SN. Predictors of Recurrent Patellar Instability in Children and Adolescents After First-time Dislocation. J Pediatr Orthop. 2015 Oct 21. [Epub ahead of print]

(3) Smith TO, Donell S, Song F, Hing CB. Surgical versus non-surgical interventions for treating patellar dislocation. Cochrane Database Syst Rev. 2015 Feb 26;2:CD008106.

(4) Erickson BJ, Mascarenhas R, Sayegh ET, Saltzman B, Verma NN, Bush-Joseph CA, et al. Does Operative Treatment of First-Time Patellar Dislocations Lead to Increased Patellofemoral Stability? A Systematic Review of Overlapping Meta-analyses. Arthroscopy. 2015 Jun;31(6):1207-15.

(5) Wang SN, Qin CH, Jiang N, Wang BW, Wang L, Yu B. Is surgical treatment better than conservative treatment for primary patellar dislocations? A meta-analysis of randomized controlled trials. Arch Orthop Trauma Surg. 2015 Dec 30. [Epub ahead of print]

(6) Yao LW, Zhang C, Liu Y, Cao DG, Li DJ, Xu DD, et al. Comparison operative and conservative management for primary patellar dislocation: an up-to-date meta-analysis. Eur J Orthop Surg Traumatol. 2015 May;25(4):783-8.

(7) Testa EA, Camathias C, Amsler F, Henle P, Friederich NF, Hirschmann MT. Surgical treatment of patellofemoral instability using trochleoplasty or MPFL reconstruction: a systematic review. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2015 Jul 18. [Epub ahead of print]

(8) Stupay KL, Swart E, Shubin Stein BE. Widespread Implementation of Medial Patellofemoral Ligament Reconstruction for Recurrent Patellar Instability Maintains Functional Outcomes at Midterm to Long-Term Follow-up While Decreasing Complication Rates: A Systematic Review. Arthroscopy. 2015 Jul;31(7):1372-80.

(9) Van Haver A, De Roo K, De Beule M, Labey L, De Baets P, Dejour D, et al. The effect of trochlear dysplasia on patellofemoral biomechanics: a cadaveric study with simulated trochlear deformities. Am J Sports Med. 2015 Jun;43(6):1354-61.

(10) Nelitz M, Williams RS, Lippacher S, Reichel H, Dornacher D. Analysis of failure and clinical outcome after unsuccessful medial patellofemoral ligament reconstruction in young patients. Int Orthop. 2014 Nov;38(11):2265-72.

(11) Dejour D, Byn P, Ntagiopoulos PG. The Lyon's sulcus-deepening trochleoplasty in previous unsuccessful patellofemoral surgery. Int Orthop. 2013 Mar;37(3):433-9.

(12) Ntagiopoulos PG, Byn P, Dejour D. Midterm results of comprehensive surgical reconstruction including sulcus-deepening trochleoplasty in recurrent patellar dislocations with high-grade trochlear dysplasia. Am J Sports Med. 2013 May;41(5):998-1004

(13) Stephen JM, Dodds AL, Lumpaopong P, Kader D, Williams A, Amis AA. The ability of medial patellofemoral ligament reconstruction to correct patellar kinematics and contact mechanics in the presence of a lateralized tibial tubercle. Am J Sports Med. 2015 Sep;43(9):2198-207.

(14) Seitlinger G, Scheurecker G, Högler R, Labey L, Innocenti B, Hofmann S. Tibial tubercle-posterior cruciate ligament distance: a new measurement to define the position of the tibial tubercle in patients with patellar dislocation. Am J Sports Med. 2012 May;40(5):1119-25.

(15) Biedert RM, Albrecht S. The patellotrochlear index: a new index for assessing patellar height. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2006 Aug;14(8):707-12.

(16) Shea KG, Polousky JD, Jacobs JC Jr, Ganley TJ, Aoki SK, Grimm NL, et al. The relationship of the femoral physis and the medial patellofemoral ligament in children: a cadaveric study. J Pediatr Orthop. 2014 Dec;34(8):808-13.

(17) Nelitz M, Dreyhaupt J, Reichel H, Woelfle J, Lippacher S. Anatomic reconstruction of the medial patellofemoral ligament in children and adolescents with open growth plates: surgical technique and clinical outcome. Am J Sports Med. 2013 Jan;41(1):58-63.

2. Konservative Therapie der Patellainstabilität

(Daniel Wagner, Christoph Becher)

Eine Knieverletzung ist ein einschneidendes Ereignis und führt meist zu einer Funktionseinschränkung und Sorge um eine vollständige Wiederherstellung.

Die Patellainstabilität ist ein häufig anzutreffendes Krankheitsbild am Knie. Betroffen sind meist Kinder, Jugendliche und junge Erwachsene. Der Altersgipfel liegt bei 10-17 Jahren mit einem erhöhten Risiko von 29 pro 100.000 und nimmt mit zunehmendem Alter ab (1). Der Verletzungsmechanismus und die zugrunde liegenden Risikofaktoren sind wichtige Voraussetzungen für die Entwicklung von Behandlungsstrategien und Präventivmaßnahmen.

Der Verletzungsmechanismus zeigt meist ein Valgusmoment des Knies bei beginnender Flexion unter Belastung und zusätzlicher Tibiaaussenrotation (2, 3). Hieraus resultiert ein lateralisierender Kraftvektor auf die Patella, so dass bei überschreiten der Gewebebelastbarkeit eine Luxation der Patella erfolgen kann (4). Diese Bewegungsmuster finden sich in einigen Sportarten gehäuft wider, kommen aber auch bei Alltagsbewegungen vor. Risikosportarten sind z.B. Fußball, Eishockey, Tennis usw.

Die Abweichung der Patella von der Normalposition bei einer Luxation beträgt mehrere Zentimeter, so dass der mediale Bandapparat, insbesondere das mediale patellofemorale Ligament (MPFL) bei über 95 % verletzt ist (5, 6, 7). Die Lokalisation der Ruptur kann patellar, intraligamentär, femoral oder kombiniert auftreten (8, 9).

Grundsätzlich werden die Belastungen durch neuromuskuläre Dysbalancen und biomechanische Faktoren modifiziert und können zu einer gestörten Position der Patella während des Gleitvorgans führen.

Anatomische Normvarianten des Patellofemoralgelenks stellen strukturelle Risikofaktoren dar. Hier wurden die Tochleadysplasie, der TTTG Abstand, die Patellahöhe, ligamentäre Gegebenheiten sowie Beinachsen- und Torsionsverhältnisse ausfindig gemacht (10) (**Abb. 1**). In Abhängigkeit der ermittelten Risikofaktoren kann eine Patellaluxation konservativ behandelt werden.

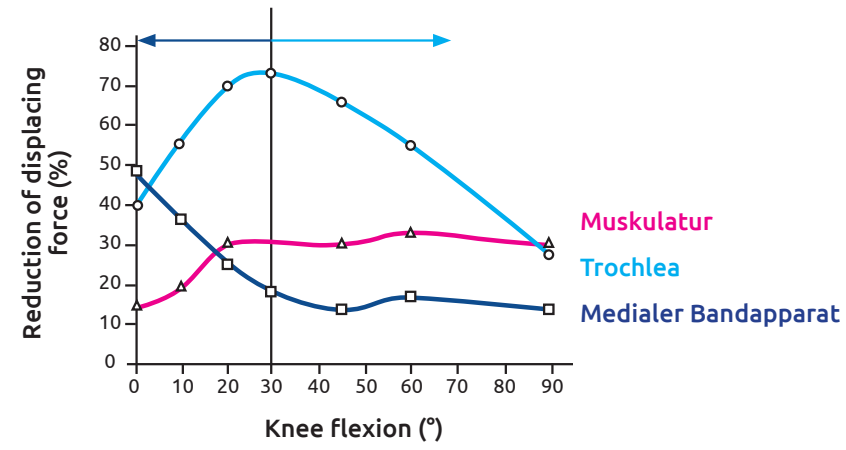
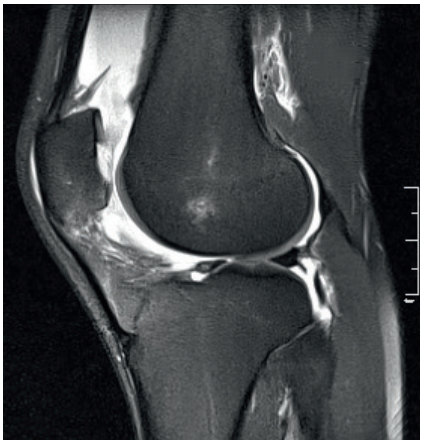


Abb. 1 ▲ Verschiedene Anteile ligamentärer, knöcherner und muskulärer Patellastabilisierung aus: Senavongse, W. and Amis, A. A. (2005) The effects of articular, retinacular, or muscular deficiencies on patellofemoral joint stability. J.Bone Joint Surg.Br. 87:577-582. © 2016 AGA-Komitee-Knie-Patellofemoral

2.1 Ziele der konservativen Therapie

Das primäre Ziel der Therapie einer Patellaluxation ist das Wiederherstellen der vollen Belastbarkeit im Alltag und im Sport. Hierzu ist eine ungestörte Funktion des Patellofemoralgelenks notwendig. Zusätzlich ist die Sicherheit der Behandlung mit Vermeidung einer Rezidivluxation und damit eventuell verbundenen Begleitverletzungen wie Knorpelschäden von Bedeutung. Eine multimodale Herangehensweise ist erforderlich um eine optimale Wiederherstellung der Alltagsaktivitäten und der sportlichen Belastbarkeit zu erreichen. Die Heilungsprozesse, anatomische Einflussfaktoren, neuromuskuläre Gegebenheiten und psychologischen Faktoren bilden mit der Kenntnis über Verletzungsmechanismus und –häufigkeit sowie der biomechanischen Situation die Grundlage einer fundierten Behandlung.

Eine Bandheilung (medialer patellofemoraler Bandapparat, insbesondere das MPFL) kann bei der konservativen Behandlung einer Patellaluxation nur indirekt über die mögliche Ausbildung einer Narbe erfolgen. Die Behandlungsmaßnahmen zielen darauf ab diese Chance zu unterstützen, indem die Patella bis zum Abschluß der Heilungsvorgänge in einer optimalen Position hierfür geführt wird.



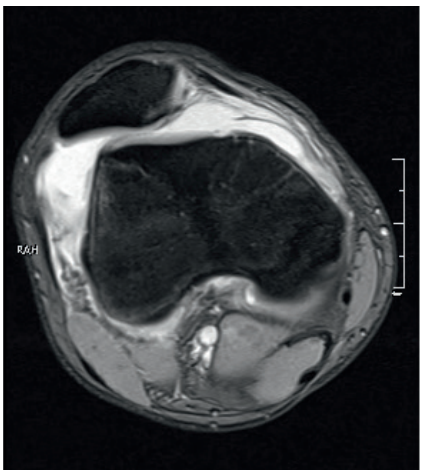


Abb. 2 und **Abb. 3** ▲ Sagittales und axiales MRT einer frischen Patellaluxation mit Knorpelflake und Hämarthros
© 2016 AGA-Komitee-Knie-Patellofemoral

2.2. Multimodale Therapie

2.2.1. Hämarthros

Nach einer Patellaluxation mit konsekutiver Verletzung des medialen patellaren Bandapparates kehrt die Patella typischerweise nicht vollständig in die normale Ausgangsposition zurück. Die Großzahl der Patienten wird in axialen MRT Schnitten eine Subluxation oder einen vermehrten Patellatilt aufweisen (7, 11). Häufig ist die Patellaluxation mit einem Hämarthros verbunden (11, 12, 13). Dieser entsteht durch die Zerreißung des medialen Halteapparates oder durch eine osteochondrale Abscherfraktur an der Patella oder der lat. Femurkondyle (◘ **Abb. 2** und **Abb. 3**). Falls eine osteochondrale Fraktur vorliegt, muss operativ vorgegangen werden. Ansonsten empfiehlt es sich den Hämarthros abzupunktieren um die dadurch mit verursachte veränderte Stellung der Patella zur Trochlea zu normalisieren. Damit werden die Ursprungs- und Ansatzpunkte des MPFL in einen natürlichen Abstand zueinander gebracht um eine Narbenbildung ohne Verlängerung zu ermöglichen.

Um auch nach einer Punktion weitere Schwellungszustände zu minimieren können kompressive Verbände, eine Hochlagerung, Lymphdrainage und medikamentöse Therapie eingesetzt werden.

2.2.2. Schutzmaßnahmen durch Orthesen/Bandagen/Tape

Bei der konservativen Behandlung kann durch Tapeverbände und spezielle Orthesen die Position der Patella positiv beeinflusst werden (14, 15, 16, 17). Allerdings wirken Tapeverbände meist weniger durch eine direkte Stabilisierung der Patella, sondern vielmehr durch eine kutane Stimulation der darunter liegenden Weichteilstrukturen (18). Rezentrierungsorthesen können auch einen direkten biomechanischen Effekt erzielen. So wurde im Rahmen einer Fall-Kontroll-Studie die biomechanische dynamische Wirksamkeit einer patellastabilisierenden Orthese (Patella Pro, Otto Bock GmbH, Duderstadt) bei 20 Patienten mit lateraler patellofemoraler Instabilität mittels Kernspintomographie (MRT) unter Belastung nachgewiesen. Dabei wurden sechs erkrankungstypische patellofemorale MRT-Parameter im Stehen mit und ohne Orthese bei durchgestrecktem Knie sowie bei kontrollierter Flexion von 15° und 30° untersucht. Mit angelegter Orthese zeigte sich eine signifikante Verminderung des Patella-Tilt und Bisect offset (Lateraliserung). Auch die Patellahöhe und der TTTG- Abstand (bei 15° und 30°) waren signifikant vermindert (19).

Zusätzlich werden durch Tapeverbände/Orthesen mehrere neuromuskuläre Faktoren, vor allem bei vorliegenden Defiziten, günstig verändert. Eine signifikante Verbesserung der Propriozeption und Steigerung der Quadrizepsaktivität konnte in Studien nachgewiesen werden (20, 22). Zudem zeigte sich eine Verbesserung der Ansprechbarkeit des M. vastus medialis bei angelegtem Tapeverband (23) und dass der verspätete Onset des M. vastus medialis gegenüber des M. vastus lateralis wieder normalisiert wird (22).

2.2.3. Bewegungslimitierung

Die normale mediolaterale Translation der Patella beträgt in vitro ca. 10 mm (24). In vivo beträgt diese über den Bewegungsumfang von Extension zur

Flexion 2-5 mm (25, 26), so dass dieses geringe Ausmaß bei einer durchschnittlichen Länge des MPFL von ca. 55 mm (24) von untergeordneter Bedeutung scheint, zumal keine wesentliche Längenänderung des MPFL zwischen 0°-60° gemessen wurde (57). Bei einer Patellafemoralen Instabilität (PFI) kann jedoch aufgrund der veränderten anatomischen Gegebenheiten die mediolaterale Mobilität erhöht sein. In voller Extension und bei einer Flexion über 60° weist die Position der Patella die höchste Lateralisation auf (56). Das MPFL ist in voller Extension angespannt, zwischen 15-30° leicht entspannt und über 45° Flexion wieder zunehmend leicht angespannt (27). Die maximal mögliche Lateralisation der Patella beträgt in Extension 71,3% im Bisect offset Index (21), dies entspricht ca. 10 mm (28). Der Wert ist bei einer Instabilität deutlich erhöht, reduziert sich bis zur zunehmenden Stabilisierung durch das Eintauchen in die Trochlea ab 20° Beugung und durch die ansteigenden patellofemoralen Reaktionskräfte (29). Die lateralisierende Zugwirkung auf die Patella erhöht sich extensionsnah durch die zunehmende Aussenrotation der Tibia gegenüber dem Femur mit resultierend steigendem TTTG Abstand (30). Und die Patella folgt in Extension der Tibia.

Aufgrund dieser Fakten kann eine Bewegungslimitierung bei konservativer Therapie der Patellaluxation zwischen 10°-40° abgeleitet werden. Sinnvoll ist dann eine zunehmende Steigerung des ROM um Bewegungseinschränkungen zu vermeiden.

Deshalb empfehlen wir die temporäre Anlage einer die Patella nach lateral stabilisierenden Knieorthese, um weitere Luxationen zu vermeiden und die Rehabilitation zu unterstützen. Die ROM wird für 2 Wochen auf 0-20-40°, bis zur 4. Woche auf 0-10-60° und für weitere 2 Wochen auf 0-0-90° limitiert. In Abhängigkeit der individuell vorliegenden anatomischen Risikofaktoren kann dieses Schema eventuell sinnvoll angepasst werden.

Abb. 4 ▲ Black roll Übung für den Tractus iliotibialis
© 2016 AGA-Komitee-Knie-Patellofemoral, www.mawendo.de

2.2.4. Belastung

Prinzipiell ist eine relative Entlastung nach einer Verletzung während der Inflammationsphase sowie zur Vermeidung weiterer Einblutung und Vergrößerung der Verletzung sinnvoll. Die Anspannung des M. vastus medialis kann aufgrund der anatomischen Verbindung zum oberen Anteil des MPFL einen unerwünschten Zug auf die verletzte Struktur auslösen. Des Weiteren wird durch einen stärkeren Zug des Quadrizeps eine lateral gerichtete Kraft auf die Patella eine ungünstige Position bedingen. Eine Teilbelastung scheint deshalb für die ersten 2 Wochen nach einer frischen Verletzung mit nachfolgendem Belastungsaufbau sinnvoll.

2.2.5. Neuromuskuläres Training

Das neuromuskuläre Training ist ein effektiver Bestandteil der konservativen Therapie der Patellaluxation. Durch gezielte physiotherapeutische Maßnahmen und Eigenübungen kann zum einen durch die positive Beeinflussung der neuromuskulären Situation die Patellaposition für eine Heilung optimiert, zum anderen die Luxation auslösenden Bewegungen vermieden werden.

Abb. 5 ▲ einfache Dehnübung für den Tractus iliotibialis
© 2016 AGA-Komitee-Knie-Patellofemoral, www.mawendo.de

Abb. 6 ▲ Step down Übung
© 2016 AGA-Komitee-Knie-Patellofemoral, www.mawendo.de

Neben der knieumgreifenden Muskulatur spielen der Tractus iliotibialis, die Rumpf-, Knie-, Becken- und Rückfußstabilität eine wichtige Rolle für das Patellofemoral Gelenk.

Der Tractus iliotibialis beeinflusst die patellofemorale Kinematik mehrdimensional (31). Die Reduzierung der Spannung des Tractus iliotibialis führt zu einer verminderten lateralen Translation, geringerer Flexion und zu einem kleineren lateralen Tilt der Patella (32). Spezielle Dehnübungen und Black Roll Übungen können hierzu z.B. eingesetzt werden (◘ **Abb. 4** und **Abb. 5**) (33, 34).

Ein Ziel des muskuläres Training ist es den Quadrizepskraftvektor günstig zu beeinflussen indem die Ratio der Kraft zwischen M. vastus medialis gegenüber dem M. vastus lateralis zugunsten der medialen Kräfte verschoben wird. Eine isolierte Ansteuerung des M. vastus medialis ist kaum möglich, kann aber durch eine lokale elektrische Muskelstimulation erfolgen (35). Weitere Möglichkeiten beim Quadrizepstraining den M. vastus medialis besser anzusteuern sind Biofeedback Verfahren (36), Gelenk- und Beinstellungen die den M. vastus medialis gezielter aktivieren (37, 38), Co-Kontraktionen weiterer Muskeln (39) und die Belastungsintensität (40). Auch die Verbesserung des Onsets des M. vastus medialis gegenüber dem M. vastus lateralis konnte mit speziellen Stechschritt und step down Übungen (◘ **Abb. 6**) elektromyographisch, biomechanisch und radiologisch nachgewiesen werden (41, 42, 43). Ein ungünstiges Agonisten – Antagonisten Verhältnis zwischen der Quadrizeps und Hamstring Muskulatur kann zu einer nicht gewünschten Tibiatranslation und Rotation führen und damit das Patellofemoralgelenk negativ beeinflussen. Dies betrifft Dysbalancen der Muskulatur bezüglich der Kraft und des Dehnungszustandes (44).

Auch die dynamische Beinachsensituation spielt eine wichtige Rolle für die Position der Patella in Relation zum Gleitlager und verändert die lateral wirkenden Kräfte auf die Patella maßgebend. Die Abweichung von einer stabilen Beinachssituation ist nicht umsonst als hauptsächlicher Auslösemechanismus für eine Patellaluxation gefunden worden (2, 3). Drei Etagen sind hier zu berücksichtigen. Die Beckenachse, die Kniewinkel und die Rückfußstellung. Alle können bei einer Abweichung, die meist nach medial erfolgt, zu einem dynamischen Valgusdrift mit Innenrotation des Femur und einer Aussenrotation des Unterschenkels führen.

Neben der Kräftigung einzelner Muskelgruppen, bei denen die Hüftabduktoren und der M. glutaeus medius eine zentrale Rolle spielen (45, 46, 47), sollten gezielt koordinative Inhalte wie Ausfallschritte und step up / step down Übungen mit korrekter Bewegungsausführung und Methodischen Hilfen eingesetzt werden. Im späteren Behandlungsverlauf nach dem die Alltagsaktivität wieder erreicht ist, sollten dann progressiv aufbauend sportartspezifische Inhalte, , wie sie z.B. im FIFA 11+ Programm (48) aufgeführt sind zur Anwendung kommen.

Sinnvoll ist es, diese Inhalte in verschiedene Phasen einzuteilen die einen progressiven Aufbau beinhalten und die Heilungsprozesse mit einbeziehen.

1. Phase (1-2 Woche)

ROM 0-20-40°, Teilbelastung (20 kg), abschwellende und entzündungshemmende Maßnahmen, dosierte Mobilisation.

2. Phase (3-4 Woche)
ROM 0-10-60°, Übergang zur Vollbelastung in Abhängigkeit des muskulären Tonus und der Schmerzsituation, beginnende Quadrizepsaktivierung mit Fokus auf den M. vastus medialis. Wahrnehmungsübungen für die spätere Normalisierung des Bewegungsablaufes.

3. Phase (5-8 Woche)
ROM 0-0-90°, Wiederherstellung der Alltagsaktivität. Rumpf Stabilisierung, Becken-, Beinachsentraining und Verbesserung der muskulären Situation

4. Phase
Return to Sports – Inhalte abhängig von der gewählten Sportart, des Sportlevel und der daraus resultierenden neuromuskulären Anforderungen.

2.2.6. Return to Sports

Über die Rückkehr zu sportlichen Aktivitäten nach einer Patellaluxation ist in der aktuellen Literatur wenig Datenmaterial zur Verfügung (49). Es können jedoch Parallelen zu Kreuzbandverletzungen gezogen werden. Neben den klinischen Kriterien wie Schmerzfreiheit, fehlende Ergussbildung, annähernd normale ligamentäre Stabilität und freie Beweglichkeit sollten weitere biomechanische Faktoren gegeben sein um einen Einstieg in den Sport relativ sicher starten zu können. Die Kraftwerte der Beinmuskulatur, insbesondere des Quadrizeps und des M. gluteus medius, sollten weitgehend seitengleich sein (90-95% der Werte des gesunden Beins) (50, 51) und eine dynamische Rumpf-, Becken- und Beinachsenstabilität vorhanden sein (52, 53). Die verschiedenen konditionellen und koordinativen Fähigkeiten können auch im klinischen Alltag mit einfachen Tests abgeprüft werden. So können single hop Tests, side hop Tests, der Y Balance Test und weitere einfache Tests den aktuellen neuromuskulären Zustand bestimmen (54). Die Schwierigkeit der Tests sollten der entsprechenden Behandlungsphase angepasst sein um das Gefährdungspotential durch die Tests zu minimieren.

Um zu entscheiden ob und in wie weit sportartspezifische Belastungen risikoarm aufgenommen werden können ist die Kenntnis über die Anforderungsprofile und Trainingsinhalte in den einzelnen Sportarten von Bedeutung. Zusätzlich sollte der Athlet auch psychologisch auf die Rückkehr zum Sport ohne Ängste vorbereitet sein.

Literatur:

(1) Fithian DC, Paxton EW, Stone ML, Silva P, Davis DK, Elias DA, White LM (2004) Epidemiology and natural history of acute patellar dislocation. Am J Sports Med. 32(5):1114-21

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

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

(4) Sillanpää P, Mattila VM, Iivonen T, Visuri T, Pihlajamäki H. (2008) Incidence and risk factors of acute traumatic primary patellar dislocation. Med Sci Sports Exerc. 40(4):606-11

(5) Nomura E, Horiuchi Y, Inoue M (2002) Correlation of MR imaging findings and open exploration of medial patellofemoral ligament injuries in acute patellar dislocations. The Knee 9:139-143

(6) Sanders TG, Morrison WB, Singleton BA, Miller MD, Cornum KG (2001) Medial patellofemoral ligament injury following acute transistent dislocation of the patella: MR findings with surgical correlation in 14 patients. J Comput Assist Tomogr 25,6

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

(8) Guerrero P, Li X, Patel K, Brown M, Busconi B (2009) Medial patellofemoral ligament injury patterns and associated pathology in lateral patella dislocation: an MRI study. Sports Med Arthrosc Rehabil Ther Technol. 30;1(1):17

(9) Kepler CK1, Bogner EA, Hammoud S, Malcolmson G, Potter HG, Green DW (2011) Zone of injury of the medial patellofemoral ligament after acute patellar dislocation in children and adolescents. Am J Sports Med. 39(7):1444-9.

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

(11) Kirsch MD, Fitzgerald SW, Friedman H, Rogers LF. (1993) Transient lateral patellar dislocation: diagnosis with MR imaging. AJR Am J Roentgenol 161(1):109–113.

(12) Sanders TG, Paruchuri NB, Zlatkin MB. (2006) MRI of osteochondral defects of the lateral femoral condyle: incidence and pattern of injury after transient lateral dislocation of the patella. AJR Am J Roentgenol 187(5):1332–1337

(13) Spritzer CE, Courneya DL, Burk DL, Garrett WE, Strong JA. (1997) Medial retinacular complex injury in acute patellar dislocation: MR findings and surgical implications. AJR Am J Roentgenol;168(1):117–122.

(14) Crossley KM, Marino GP, Macilquham MD, Schache AG, Hinman RS. (2009) Can patellar tape reduce the patellar malalignment and pain associated with patellofemoral osteoarthritis? Arthritis Rheum. 15;61(12):1719-25.

(15) Draper CE, Besier TF, Santos JM, Jennings F, Fredericson M, Gold GE et al. (2009) Using real-time MRI to quantify alterd joint kinematices in subjects with patellofemoral pain and to evaluate the effects of a patellar brace or sleeve on joint motion. J Orthop Res 27 (5): 571-7

(16) Wilson NA, Mazahery BT, Koh JL, Zhang LQ (2010) Effect of bracing on dynamic patellofemoral contact mechanics. J Rehabil Res Dev; 2010; 47 (6): 531-41

(17) Powers CM, Ward SR, Chan LD, Chen YJ, Terk MR (2004) The effect of bracing on patella alignment and patellofemoral joint contact area. Med Sci Sports Exerc. 36(7):1226-32.

(18) Christou EA. (2004) Patellar taping increases vastus medialis oblique activity in the presence of patellofemoral pain. J Electromyogr Kinesiol. 14(4):495-504

(19) Becher C, Schumacher T, Fleischer B, Ettinger M, Smith T, Ostermeier S (2015) The effects of a dynamic patellar realignment brace on disease determinants of patellofemoral instability in the upright weight-bearing condition. J Ortho Surg Res 10:126

(20) Callaghan MJ, Selfe J, Bagley PJ, Oldham JA (2002) The Effects of Patellar Taping on Knee Joint Proprioception. J Athl Train. 37(1):19-24

(21) Ward SR, Terk MR, Powers CM (2007) Patella alta: association with patellofemoral alignment and changes in contact area during weight-bearing. J.Bone Joint Surg.Am. 89:1749-1755.

(22) Cowan, S.M., Bennell, K.L., Hodges, P.W. (2002) Therapeutic patellar taping changes the timing of vasti muscle activation in people with patellofemoral pain syndrome. Clin J Sport Med. 12:339–347

(23) Gilleard W, McConnell J, Parsons D. The effect of patellar taping on the onset of vastus medialis obliquus and vastus lateralis muscle activity in persons with patellofemoral pain. Phys Ther. 1998 Jan;78(1):25-32

(24) Amis AA, Firer P, Mountney J, Senavongse W, Thomas NP (2003) Anatomy and biomechanics of the medial patellofemoral ligament. Knee 10:215-220

(25) Koh TJ, Grabiner MD, De Swart RJ (1992) In vivo tracking of the human patella. J Biomech 25:637-643

(26) Shih Y-F, Bull AMJ, McGregor AH, Amis AA (2004) Active patellar tracking measurement: A novel device using ultrasound. AM J Sports Med 32:1209

(27) Nomura E, Inoue M, Osada N (2005) Anatomical analysis of the medial patellofemoral ligament of the knee, especially the femoral attachment. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 13:510-515

(28) Nomura E, Horiuchi Y, Kihara M (2000) Medial patellofemoral ligament restrain in lateral patellar translation and reconstruction. The Knee 7:121-127

(29) Farahmand F, Senavongse W, Amis AA (1998) Quantitative study of the quadriceps muscles and trochlear grove geometry related to instability of the patellofemoral joint. J Orthop Res 16:136-143

(30) Seitlinger G, Scheurecker G, Högler R, Labey L, Innocenti B, Hofmann S (2…) The position of the tibia tubercle in 0°-90° flexion: comparing patients with patellar dislocation with healthy volunteers. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc

(31) Merican AM, Amis AA (2009) Iliotibial band tension affects patellofemoral and tibiofemoral kinematics. J Biomech 22;42(10):1539-46

(32) Merican AM, Iranpour F, Amis AA (2008) Iliotibial band tension reduces lateral patellar stability. Wiley InterScience 20756

(33) Puniello MS (1993) iliotibial band tightness and medial patellar glide in patients with patellofemoral dysfunction. J Orthop Sports Phys Ther. 17(3):144-148

(34) Dubin DCJ (2006) Evidence based treatment for iliotibial band friction syndrome: Review of literature. Sports Therapy

(35) Callaghan MJ, Oldham JA, Winstanley J (2001) A comparison of two types of electrical stimulation of the quadrizeps in the treatment of patellofemoral pain syndrome:A pilot study. Clin Rehabil 15(6):637-46

(36) Wilse HH, Fiebert I, Kates JL (1984) EMG Biofeedback as treatment for patellofemoral pain syndrome. J Orthop Sports Phys Ther 6:95-103

(37) Herrington L et al. (2006) The effect of limb position, exercise mode and contraction type on overall activity of VMO and VL. Phys Ther Sport 7:87-92

(38) Nyland J et al. (2003) Femoral anteversion influences vastus medialis and gluteus medius EMG amplitude: composite hip abductor EMG amplitude ratios during isometric combined hip abductio-external rotation. J Electromyo Kinesiol 14:255-61c

(39) Herrington L, Pearson S (2005) Does level of load affect relative activation levels of vastus medialis oblique and vastus lateralis? J Electromyo Kinesiol 16:379-83

(40) Hanten WP, Schulthies SS (1990) Exercise Effect on Electromyographic Activity of the Vastus Medialis Oblique and Vastus Lateralis Muscles. Physical therapy 70(9)

(41) Pal S, Draper CE, Fredericson M, Gold GE, Delp SL, Beaupre GS, Besier TF (2011) Patellar maltracking correlates with vastus medialis activation delay in patellofemoral pain patients. Am J Sports Med. 39(3):590-8

(42) Wu CC, Chou SW, Hong WH (2009) Effectiveness of goosestep training or its modification on treating patellar malalignment syndrome: clinical, radiographic, and electromyographic studies. Arch Orthop Trauma Surg. 129(3):333-41

(43) Boling MC, Bolgla LA, Mattacola CG, Uhl TL, Hosey RG (2006) Outcomes of a weight-bearing rehabilitation program for patients diagnosed with patellofemoral pain syndrome. Arch Phys Med Rehabil. 87(11):1428-35

(44) Ahmed AM, Burke DL, Hyder A (1987) Force analysis of the patellar mechanism. J Orthop Res. 5(1):69-85

(45) Cowan SM, Crossley KM, Bennell KL (2008) Altered hip and trunk muscle function in individuals with patellofemoral pain. Br J Sports Med 43:584-88

(46) Tyler TF, Nicholas SJ, Mullaney MJ, McHugh MP (2005) The role of hip muscle function in the treatment of patellofemoral pain syndrome. Am J Sports Med. 34(4):630-6

(47) Santos TRT, Oliveira BA,Ocarino JM , Holt KG, Fonseca ST (2015) Effectiveness of hip muscle strengthening in patellofemoral pain syndrome patients: a systematic review. Braz. J. Phys. Ther. 19(3)

(48) Torbjørn Soligard, Agnethe Nilstad, Kathrin Steffen, et al. (2010) Compliance with a comprehensive warm-up programme to prevent injuries in youth football. Br J Sports Med

(49) Menetery J, Putman S, Gard S (2014) Return to sports after patellar dislocation or following surgery for patellofemoral instability. Knee surg Traumatol Arthrosc 22:2320-2326

(50) Barton CJ, Lack S, Malliaras P, Morrissey D (2013) Gluteal muscle activity and patellofemoral pain syndrome: a systematic review. Br J Sports Med 47:207-214

(51) Bennel K, Duncan M Cowan S, McConnell J, Hodges P Crossley K (2010) Effects of vastus medialis oblique retraining versus general quadrizeps strengthening on vasti onset. Med Sci sports Exerc 42:856-864

(52) Fisher B, Nyland J, Brand E, Curtin B (2010) Medial patellofemoral ligament reconstruction for recurrent patellar dislocation: a systematic review including rehabilitation and return-to-sports efficacy. Arthroscopy 26:1384-1394

(53) Hewett TE, Myer GD (2011) The mechanistic connection between the trunk, hip, knee and anterior cruciate ligament injury. Exerc Sports Sci Rev 39:161-166

(54) Best R, Rembitzki I, Petersen W (2016) Rückkehr zum Sport nach Kollateralbandläsion am Sprunggelenk. Arthroskopie 29(1):13-21

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

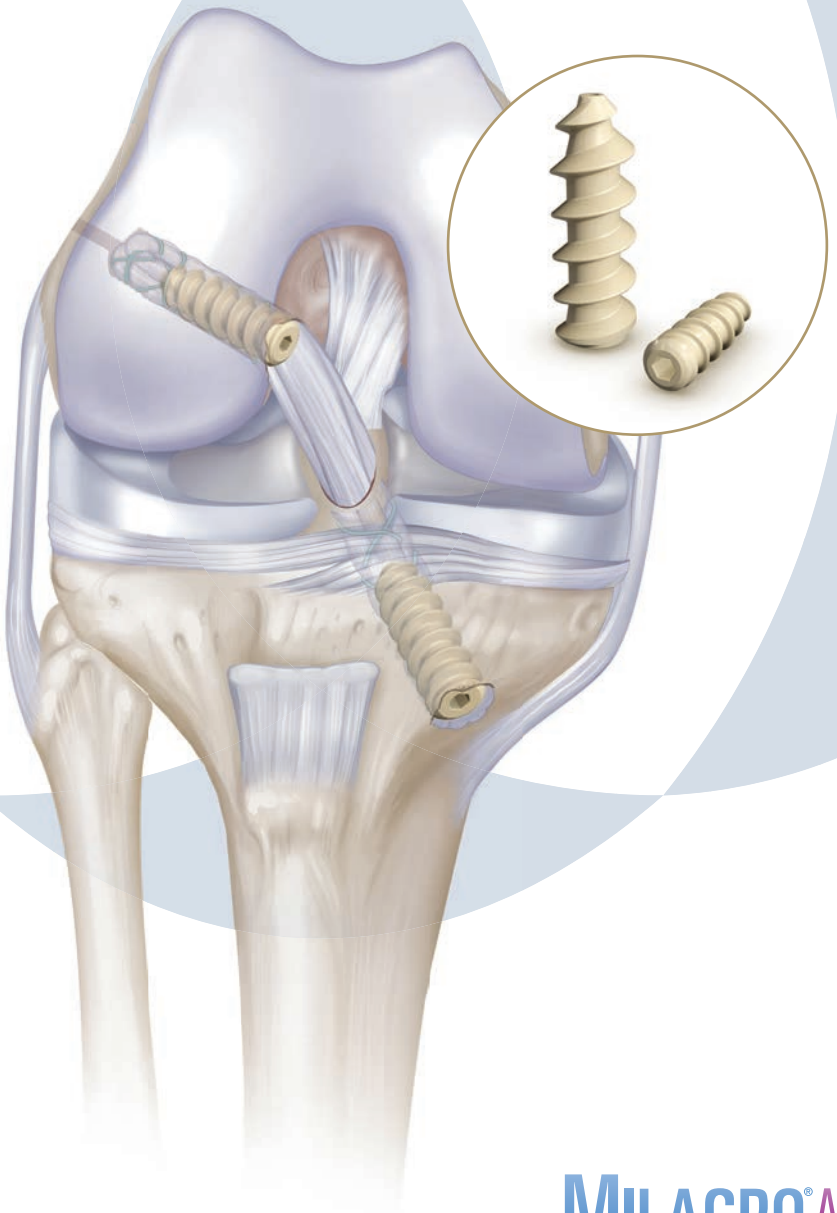
(56) Amis AA, Senavongse W,Bull AMJ (2006) Patellofemoral kinematics during knee flexion-extension: An in vitro study. Wiley InterScience 20268

(57) Higuchi T, Arai Y, Takamiya H, Miyamoto T, Tokunaga D, Kubo T (2010) An analysis of the medial patellofemoral ligament length change pattern using open-MRI. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 18(11):1470-5.

DePuy Synthes
MITEK SPORTS MEDICINE
COMPANIES OF Johnson & Johnson

ANTEROMEDIAL ACL RECONSTRUCTION

FOR SOFT TISSUE GRAFTS



MILAGRO® ADVANCE

3. Die Bedeutung des Transfers der Tuberositas tibiae in der Therapie der instabilen Patella

(Christoph Becher, Geert Pagenstert)

3.1 Hintergrund

Die Patella wird durch die physiologische Quadrizepskontraktion nach lateral gezogen. Daher ist die Richtung der Patellainstabilität fast immer nach lateral gerichtet. Für die Stabilisierung der Patella sind in streckgelenksnaher Stellung des Kniegelenks kapsuloligamentäre und muskuläre Faktoren verantwortlich. Der Hauptstabilisator ist dabei das mediale patellofemorale Ligament (MPFL), aber auch das laterale Retinakulum und der Quadrizeps tragen zur Stabilität bei. Ab einer Knieflexion von ca. 20 bis 30 Grad wird die Patella hauptsächlich durch die osteochondrale Geometrie der Trochlea geführt (1). Der Steigungswinkel (laterale Slope oder laterale Inklination) der lateralen Trochlea ist dabei der entscheidende Faktor für eine suffiziente osteochondrale Abstützung der Patella.

Mehrere Studien an Patienten mit einer patellofemoralen Instabilität haben gezeigt, dass 1. eine laterale Position der Tuberositas tibiae und 2. eine zu weit proximale Position der Patella im Sinne einer Patella alta als entscheidende unabhängige Faktoren vorliegen können, welche mit einer Instabilität der Patella korrelieren. Neben der Instabilität kann es durch diese zwei Faktoren auch zu einer Überlastung, vor allem am distalen und lateralen Abschnitten der retropatellären Gelenkfläche mit konsekutiver Knorpelschädigung kommen (2).

Die Patella ist zwischen Ansatz des Lig. patellae an der Tuberositas und Ursprung der Muskulatur am proximalen Femur und Becken eingespannt. Kontrahiert sich der Quadriceps, wird die Patella auf eine Linie zwischen Ansatz und Ursprung gezogen. Daher führt eine weit lateral liegende Tuberositas tibiae zu einer obligatorischen Lateralisierung der Patella mit möglicher zunehmender Subluxation und Instabilität nach lateral, selbst bei physiologisch ausgebildeter Trochleagrube. Eine Medialisierung der Tuberositas gleicht diese Tendenz aus. Die Auswirkungen der nach medial gerichteten Transferrichtung wurden mittlerweile hinsichtlich der biomechanischen Auswirkungen untersucht (3), wobei die überwiegende Anzahl an Studien allerdings unter In-vitro-Bedingungen oder in geringer Anzahl mit Hilfe rechnergestützter Simulationen durchgeführt wurden. Generell konnte gezeigt werden, dass die Medialisierung der Tuberositas eine Stabilisierung der Patella gegenüber einer lateralen Verschiebung und (Sub-) Luxation bewirkt, sowie die laterale Patellafacette entlastet. Die mediale Patellafacette scheint nur dann im Sinne einer Druckerhöhung stärker belastet, wenn eine Übermedialisierung der Tuberositas >1 cm stattgefunden hat. Dabei muss auch eine Druckerhöhung im tibiofemoralen Kompartiment beachtet werden (4).

Damit es bei Flexion zu einer Stabilisierung der Patella durch die Trochlea kommen kann, müssen sich die Gelenkflächen von Patella und Trochlea überlappen. Ist die Patella zu hoch über der Trochlea, wird diese trotz physiologisch ausgebildeter Trochlea nicht von dieser geführt und ist instabil. Der Tuberositastransfer ist die entsprechende operative Korrektur dieser pathologischen patellofemoralen Position und stabilisiert damit die Patella ab einer Flexion im Kniegelenk von ca. 20 Grad in der intakten Trochlea. Eine Distalisierung führt zu einer besseren patellofemoralen Überlappung, einem grösseren Kontakt zwischen den Knorpelflächen zur Druck und Kraft Übertragung und damit zu einer Reduktion von Spitzendrücken an der distalen Patellarückfläche. Zudem kommt es bereits bei 10 bis 20° Flexion zu einer osteochondralen Abstützung der Patella gegen eine Subluxation nach lateral. Eine Stabilisierung in voller Extension kann mit dem Tuberositastransfer in einen physiologischen Bereich nicht erreicht werden, was biomechanische und klinische Untersuchungen gezeigt haben (5). Daher ist der Tuberositastransfer für die Autoren keine isolierte chirurgische Therapieform der Patellainstabilität, sondern muss in der Regel mit einer Stabilisierung des medialen patellofemoralen Ligamentes kombiniert werden, um eine Stabilität in Extension zu erreichen. Eine zu weite Distalisierung in einen Patella Tiefstand (patella baja) sollte unterlassen werden, da der Druck im Patellofemoralgelenk dann unphysiologisch ansteigt und zu einer frühzeitigen Degeneration führen kann.

Die ursprüngliche Beschreibung des Tuberositas Transfers nach medial erfolgte durch Elmslie, aufbauend auf der Methode nach Roux, im Jahr 1888. Die Erstpublikation mit Berichten von Ergebnissen stammt von Trillat et al. aus dem Jahr 1964 (6). Die Erstbeschreibung der Transposition nach distal erfolgte durch Insall und Salvati mit Modifikation durch Caton.

3.2 Indikation

Für die operative Stabilisation der Patella ist in der Regel immer eine Rekonstruktion des medialen patellofemoralen Ligaments (MPFL) nötig, da die Patellainstabilität in der Regel in Knieextension am deutlichsten ist und weder Trochleaplastik noch Tuberositasosteotomie diese extensionsnahe Instabilität ausreichend beeinflussen können.

Der Transfer der Tuberositas tibiae wird 1. bei einer lateralisierten Tuberositas tibiae und / oder 2. bei Patella alta als zusätzlicher Eingriff innerhalb

der Stabilisierungsoperationen in Erwägung gezogen.

Dejour et al. (2) führten den Begriff des Tuberositas-Tibiae-/Trochlea-Groove-Abstands (TTTG) ein. Der TTTG-Abstand misst das distale Alignment bzw. Malalignment. Sobald der TTTG-Abstand 20 mm überschreitet, ist von einer pathologischen Erhöhung auszugehen (2). Entsprechend wird als Indikation für einen Tuberositastransfer eine TTTG-Distanz >20 mm bei vorliegender Patellainstabilität angegeben (7). Der TTTG-Abstand lässt sich durch eine computer- oder magnetresonanztomographische Messung des Abstands der trochlearen Gleitrinne zum Ansatz des Lig. patellae an der Tuberostitas tibiae bestimmen (8). Da sich die knorpelige Gelenkgeometrie insbesondere bei Trochleadysplasie meistens von der knöchernen unterscheidet (9), muss die Interpretation der gemessenen Werte vorsichtig erfolgen.

Im Laufe der letzten Jahre sind weitere Möglichkeiten zur Bestimmung der relativen Lateralisation/Außenrotation der Tuberositas tibiae zum Femur unter Beachtung individueller Parameter, wie der individuellen Gelenkgröße (TTTG-Index) oder Unabhängigkeit der „trochlear groove“ (TTPCL-Abstand) publiziert worden. Der TTTG-Index wird durch eine Messung der proximal-distalen Distanz zwischen dem knorpeligen Eingang der Trochleagrube (TG) und der Tuberositas tibiae (TT) ergänzt. Durch die Bestimmung eines Quotienten (TT-TG/TT-TE) wird der TTTG-Index bestimmt. Ein Index von >0.23 wird als pathologisch angesehen und stellt somit eine Indikation für einen medialisierenden Tuberositas-Versatz dar (10). Der TTPCL-Abstand beschriebt den Abstand zwischen der Tuberositas tibiae (TT) und der medialen Begrenzung des hinteren Kreuzbandes (PCL) parallel zur dorsalen Kondylenlinie der proximalen Tibia in Millimetern. Der Normwert wird mit <24mm angegeben (11).

Zur Beschreibung einer Patella alta sind mehrere Indices etabliert. Der Insall-Salvati Index beschreibt die Beziehung zwischen Patella und Länge der Patellasehne und kann daher zur Beschreibung der Patella alta verwendet werden. Dieses Verhältnis ändert sich durch einen Tuberositas-Transfer jedoch nicht, so dass sich die Anwendung des Insall-Salvati Index hier nicht eignet. Der Blackburne-Peel Index ist abhängig von der Tibianeigung und liefert somit bei erhöhter Neigung falsch negative Werte. Die Messtechnik nach Caton-Deschamps ist unsere favorisierte Methode. Dabei wird der Abstand des distalen Endes der retropatellaren Gelenkfläche bis zur Tibiavorderkante durch die Länge der retropatellaren Gelenkfläche dividiert (7, 8). Beträgt der Quotient mehr als 1,2, sprechen die Beschreiber dieser Technik von einer Patella alta. Eine Distalisierung wird ab einem Quotienten von >1,3 empfohlen (8). Alle Messmethoden, die sich alleine an den knöchernen Landmarken orientieren, weisen allerdings nur eine geringe Korrelation mit der tatsächlichen knorpeligen patellotrochlearen Kongruenz auf (12). Biedert u. Albrecht entwickelten den sog. patellotrochlearen Index, der auf sagittalen MRT-Aufnahmen bestimmt wird und die tatsächliche Gelenküberlappung von Patella und Trochlea darstellt. Eine instabile Patella ist assoziiert ab einer Überlappung von weniger als 12,5% (13). Dabei kann diese fehlende Überlappung jedoch auch durch eine verkürzte Trochleagrube verursacht werden und nicht durch einen wirklichen Patella Hochstand. Somit kann der Biedert-Index nicht zur Planung eines Tuberositastransfers verwendet werden.

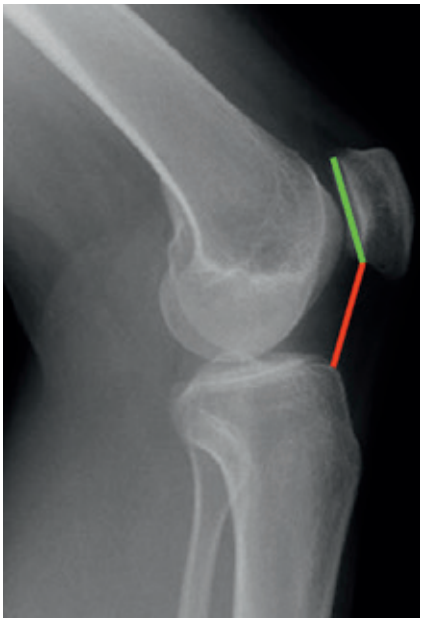


Abb. 1 ▲ Messung der Patellahöhe nach Caton-Deschamps: Es wird der Quotient aus den Strecken „rot“ und „grün“ errechnet
© 2016 AGA-Komitee-Knie-Patellofemoral

Die Patella alta wird pragmatisch zur Planung eines Tuberositas Transfers mittels des Caton-Dechamps-Index gemessen (◘ **Abb. 1**). Ziel dieses Transfers ist eine Korrektur des Caton-Index auf einen Normwert von 1,1. Somit wird einer möglichen Sehnenkontraktur im Rahmen der postoperativen Vernarbung Rechnung getragen damit der endgültig resultierende Caton-Index nicht unter 1,0 sinkt.

Grundsätzlich zu beachten ist, dass die Lateralisierung der Patella durch eine Erhöhung einer relativen femoralen Innenrotation oder tibialen Außenrotation sowie durch eine Dysplasie der Trochlea femoris beeinflusst wird. Zudem ist zu beachten, dass sich der TTTG-Abstand mit zunehmender Flexion reduziert und die Patellahöhe sich mit Quadrizepsanspannung vergrössert (14). Entsprechend muss die Prüfung

der Indikation zum Tuberositastransfer immer im Kontext einer ausgiebigen klinischen und bildgebenden Untersuchung mit Beachtung weiterer Pathologien (Trochleadysplasie, Rotation etc.) erfolgen und darf nicht isoliert betrachtet und korrigiert werden.

3.3 Kontraindikationen zum Tuberositas Transfer

Eine absolute Kontraindikation sind offene Wachstumsfugen. In diesem Fall kann der Effekt der Transposition des Patellasehnenansatzes rein ligamentär erfolgen (gesondertes Kapitel in diesem Heft).

Weiterhin ist ein Tuberositas Transfer kontraindiziert wenn die Patella Höhe und der TTTG im Normbereich liegen.

Relative Kontraindikationen bestehen, wenn eine deutliche Trochleadysplasie, Valgus-, Rekurvatum- und/oder eine Rotationsfehlstellung vorliegen. All diese Faktoren beeinflussen die Messungen von TTTG und Patella alta so dass nach deren Korrektur auch diese Messungen wieder im Normbereich liegen könnten.

3.4 Operative Technik

Die Operation wird in Rückenlage durchgeführt mit optionaler Blutsperre am Oberschenkel. Die Autoren empfehlen eine Arthroskopie zur Dokumentation des Ausmaßes der Instabilität und Beurteilung des Knorpelstatus vor der Stabilisierungsoperation. Traditionell wird ein lateraler Zugang parallel zur Tuberositas angelegt. Man kann den Zugang auch medial anlegen, wenn gleichzeitig eine MPFL-Rekonstruktion mit Hamstring-Sehnen Autograft geplant ist. Zur Tuberositas Osteotomie wird nun das proximale Ende am Ansatz des Ligamentum patellae identifiziert und mit einem Langenbeck-Haken geschützt. Nach proximal kann optional mit einem Richtmeißel eine knöcherne Kante von medial nach lateral herausgearbeitet werden. Dies hat den Vorteil, dass die Knochenkante später bei der Refixierung nach alleiniger Medialisierung als knöchernes Widerlager dient. Bei einfacher oder gleichzeitiger Distalisierung wird die Osteotomie proximal ohne Stufe angelegt. Anschließend erfolgt eine tangentiale Osteotomie der Tuberositas tibiae auf ihrer gesamten Breite von medial nach lateral, so dass eine 5 bis 10 mm hohe Knochenschuppe als Tuberositas tibiae abgehoben werden kann (**Abb. 2a**). Dabei läuft die Osteotomie bei einer reinen Medialisierung nach distal in die Tibiavorderkante aus, ohne dass eine signifikante Stufe distal erzeugt wird. Die Knochenschuppe sollte im proximalen Anteil dann entsprechend der präoperativen Planung parallel zur proximalen Knochenkante verschoben werden. Bei Tuberositas Distalisierung sollte distal eine kleine Kante erzeugt und das Fragment komplett abgelöst werden. Das mindestens 3-4 cm lange Fragment wird dann entsprechend der

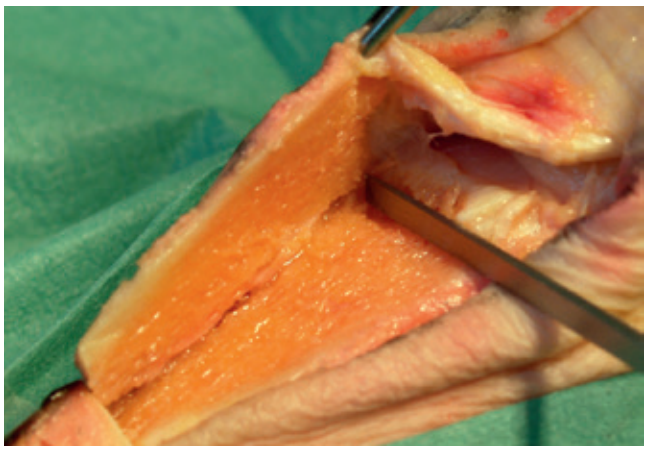


Abb. 2a ▲ Darstellung der tangentialen Osteotomie der Tuberositas tibiae am Präparat. Ausarbeiten der proximalen Knochenkante mit Richtmeißel und Ausarbeiten einer mindestens 5mm hohen und 3-4 cm langen Knochenschuppe nach distal.
© 2016 AGA-Komitee-Knie-Patellofemoral

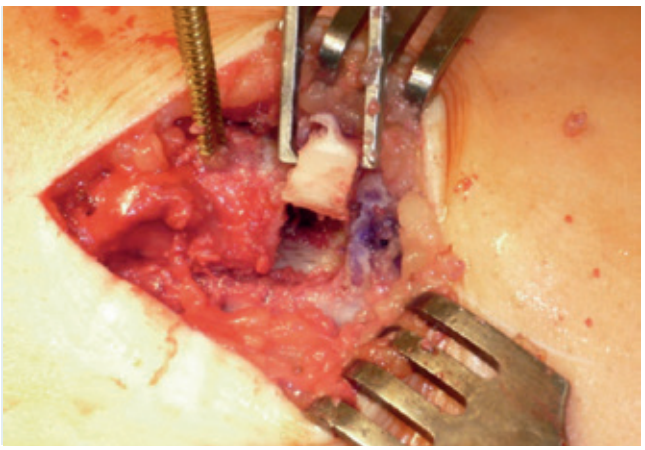


Abb. 2b ▲ Entfernen des distalen Fragmentes um dessen Länge das Tuberositas-Fragment nach distal gezogen werden kann.
© 2016 AGA-Komitee-Knie-Patellofemoral

gewünschten Distalisierung gekürzt und das Fragment nach distal eingepasst (◘ **Abb. 2b**). Die Refixation der Knochenschuppe kann in verschiedener Weise durchgeführt werden. Ja nach Grösse das Fragments und Compliance des Patienten werden 2 bis 3 x 3,5 oder 4,5mm Schrauben bicortikal als Zugschraubenosteosynthese eingebracht. Es sollte darauf geachtet werden, dass bei dieser Fixationsvariante die Abstände zwischen den einzelnen Schraubenlöchern mindestens 1cm betragen, um ein Auseinanderbrechen der Knochenschuppe zu vermeiden. Dieses Risiko wird auch durch eine divergente Anordnung der Schrauben und durch die Verwendung von Unterlegscheiben (◘ **Abb. 3**) reduziert. Allerdings führt dies zu deutlich störenden Schraubenköpfen. Bei der Verwendung von Kopfraumfräsen, verringert sich das Risiko eines Auseinanderbrechen des Tuberositas-Fragmentes ebenfalls, die Schrauben Versinken auf das Knochenniveau, stören dann weniger und müssen seltener entfernt werden. Falls weitere Eingriffe neben der MPFL-Plastik notwendig sind um die Grundpathologie zu beheben (z.B. Trochleaplastik, supracondyläre Osteotomie), können diese ebenfalls einzeitig erfolgen (◘ **Abb.4**).

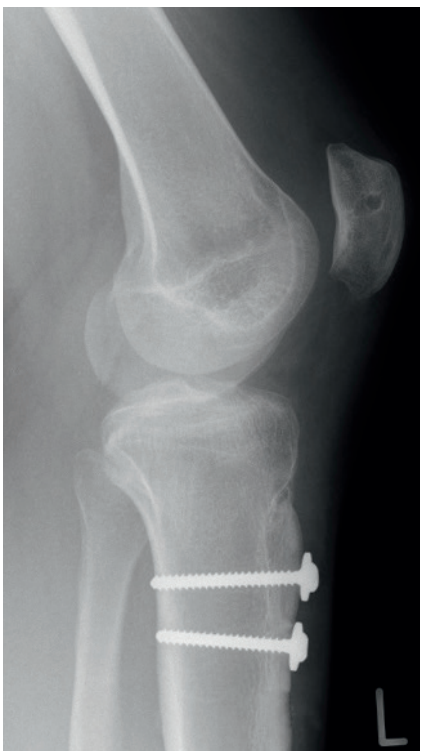


Abb. 3 ▲ Z.n. Medialisierung und Distalisierung der Tuberositas tibiae sowie gleichzeitig durchgeführter MPFL-Plastik mit dynamischem Gracilissehnentransfer. Der Caton-Dechamps Index sollte postoperativ bei ca. 1,1 liegen.
© 2016 AGA-Komitee-Knie-Patellofemoral

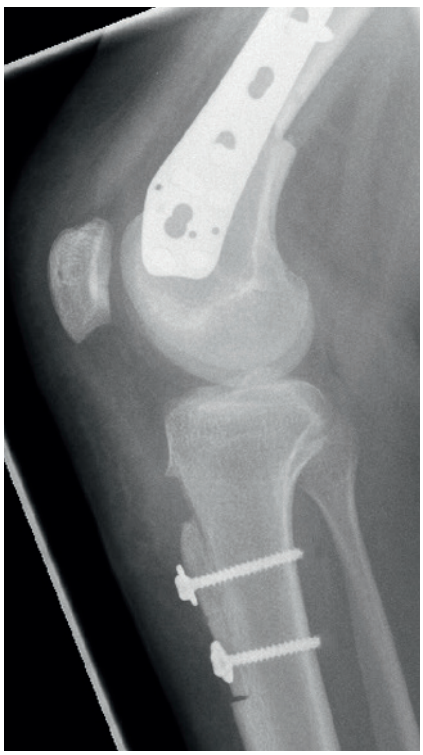


Abb. 4 ▲ Z.n. Distalisierung der Tuberositas tibiae und gleichzeitiger supracondylärer Derotationsosteotomie bei ausgeprägter Patella alta und femoralem Antetorsionsfehler.
© 2016 AGA-Komitee-Knie-Patellofemoral

3.5 Nachbehandlung

- Mobilisation des Beines ab dem 1. postoperativen Tag für 6 Wochen mit Abrollbelastung von 10 bis 15kg und maximal 90° Beugung. Aktive Streckübungen sind in dieser Zeit untersagt.

- Bei fraglicher Compliance, Anlage einer Knieorthese mit Einstellen des Bewegungsausmaßes 0-0-30° in den ersten 2 Wochen, 0-0-60° in der 3.-4. Woche und 0-0-90° bis Ende der 6. Woche.

- 6 Wochen postoperativ: Klinische und radiologische Verlaufskontrolle. Freigabe der Belastung und Mobilisation bei knöcherner Heilung im Röntgen.

- 3 Monate postoperativ: Klinische und radiologische Verlaufskontrolle. Kontrollierter sportlicher Belastungsaufbau (z.B. Laufsport, Radsport, Schwimmsport), wenn die volle Beweglichkeit des Kniegelenks ohne Schmerzen erreicht und die Muskulatur gut gekräftigt ist.

- Kontaktsportarten, sowie solche mit hohen Kniebelastungen werden in der Regel erst 5-6 Monate nach der Operation erlaubt.

- Bei sicherer Schraubenfixierung und gut abschätzbarer Compliance kann die Belastung und das Bewegungsausmaß insbesondere in Streckung schon früher gesteigert werden. Es muss allerdings bedacht werden, dass eine Fraktur des Fragmentes eine sehr unangenehme Komplikation darstellt und oft mittels Plattenosteosynthese versorgt werden muss.

- Bei Zusatzeingriffen muss sich die Nachbehandlung in Bezug auf die Einschränkung evtl. angepasst werden.

3.6 Ergebnisse

Die in der Literatur publizierten Ergebnisse für einen Tuberositas Transfer sind in der Regel gut. In den letzten Jahren werden auch zunehmend Langzeitergebnisse berichtet. Eine aktuelle Literaturübersicht, welche alle Arten von Verfahren zum distalen Realignment berücksichtigte, berichtet von einer insgesamten Reluxationsrate von 7% (15). In einer weiteren systematischen Literaturübersicht der Tuberositasdistalisierung konnte gezeigt werden, dass die Patellahöhe effektiv reduziert werden konnte mit nicht mehr aufgetretenen Reluxationen in 4 von 5 eingeschlossenen Arbeiten (16). Die Entwicklung einer patellofemoralen Arthrose, könnte allerdings mit der Zeit zu weiteren Problemen führen, vor allem wenn intraoperativ bereits Knorpelschäden vorhanden sind. So erhielten in einer Studie von Naveed et al. in einem Nachuntersuchungszeitraum von 10-15 Jahren nach Medialisierung der Tuberositas tibiae immerhin 4/34 Patienten im Verlauf eine Knietotalprothese. Alle diese Patienten hatten schon bei der Operation 3-4° retropatellare Knorpelschäden. Von den 24/34 Knien mit komplettem Datensatz waren nach 4 Jahren noch 79% als gutes bzw. exzellentes Ergebnis eingeschätzt worden. Dies reduzierte sich auf 63% bei der letzten Nachuntersuchung (17). Auch Arnbjörnsson et al. berichteten bereits 1992 in einem Nachbeobachtungszeitraum von 14 Jahren über eine höhere Rate an patellofemoraler Arthrose nach Tuberositastransfer im Vergleich zur konservativ behandelten Gruppe. Allerdings erfolgte das Ausmaß des Transfers nach “Bauchgefühl” und ohne zusätzliche Eingriffe und fehlender Beachtung weiterer Pathologien (18). Entsprechend sollte ein Transfer nach distal und oder medial nur in den Normbereich nach ausführlicher präoperativer Planung angestrebt werden. Eine Überkorrektur ist unphysiologisch, führt zu erhöhten Scherkräften und sollte entsprechend unterlassen werden. Allerdings zeigten Al-Sayyad und Cameron, dass die Situation auch bei schon vorhandenen Knorpelschäden durch isolierte Tuberositasdistalisierungen verbessert werden kann. So wiesen die Patienten nach Tuberositasdistalisierung trotz arthroskopisch nachgewiesenen 2-4° Knorpelschäden keine schlechteren SF-36 Werte auf als die Norm der US-Bürger gleichen Alters. Die spezifischen patellofemoralen Scores wiesen allerdings doch schlechtere Werte auf wie eine identische gesunde Vergleichsgruppe, insbesondere wenn bereits ein 3-4° Knorpelschaden vorlag (19). Entsprechend müssen die Erwartungen an das Ergebnis, insbesondere im Hinblick auf die sportliche Funktion, realistisch eingeschätzt werden.

Literatur:

(1) Becher, C.O., S.; Schöttle, P., Das vordere Knieschmerzsyndrom - Teil 1: Grundlagen, Anamnese, klinische und bildgebende Untersuchung. Orthopädie und Unfallchirurgie up2date, 2013. 8: p. 67 - 86.

(2) Dejour, H., et al., Factors of patellar instability: an anatomic radiographic study. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 1994. 2(1): p. 19-26.

(3) Ostermeier, S. and C. Becher, Einfluss des Tuberositas- transfers auf das patellofemorale Gelenk. Arthroskopie, 2010. 23: p. 208-214.

(4) Kuroda, R., et al., Articular cartilage contact pressure after tibial tuberosity transfer. A cadaveric study. Am J Sports Med, 2001. 29(4): p. 403-9.

(5) Ostermeier, S., et al., In vitro investigation of the effect of medial patellofemoral ligament reconstruction and medial tibial tuberosity transfer on lateral patellar stability. Arthroscopy, 2006. 22(3): p. 308-19.

(6) Trillat, A., H. Dejour, and A. Couette, [Diagnosis and Treatment of Recurrent Dislocations of the Patella]. Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot, 1964. 50: p. 813-24.

(7) Caton, J.H. and D. Dejour, Tibial tubercle osteotomy in patello-femoral instability and in patellar height abnormality. Int Orthop, 2010. 34(2): p. 305-9.

(8) Becher, C., P. Schöttle, and S. Ostermeier, Das vordere Knieschmerzsyndrom – Teil 2: Konservative und operative Therapie. Orthopädie und Unfallchirurgie up2date, 2013. 8: p. 199-222.

(9) van Huyssteen, A.L., et al., Cartilage-bone mismatch in the dysplastic trochlea. An MRI study. J Bone Joint Surg Br, 2006. 88(5): p. 688-91.

(10) Hingelbaum, S., et al., The TT-TG Index: a new knee size adjusted measure method to determine the TT-TG distance. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2014. 22(10): p. 2388-95.

(11) Seitlinger, G., et al., Tibial tubercle-posterior cruciate ligament distance: a new measurement to define the position of the tibial tubercle in patients with patellar dislocation. Am J Sports Med, 2012. 40(5): p. 1119-25.

(12) Ali, S.A., R. Helmer, and M.R. Terk, Patella alta: lack of correlation between patellotrochlear cartilage congruence and commonly used patellar height ratios. AJR Am J Roentgenol, 2009. 193(5): p. 1361-6.

(13) Biedert, R.M. and S. Albrecht, The patellotrochlear index: a new index for assessing patellar height. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2006. 14(8): p. 707-12.

(14) Becher, C., et al., Effects of upright weight bearing and the knee flexion angle on patellofemoral indices using magnetic resonance imaging in patients with patellofemoral instability. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2015.

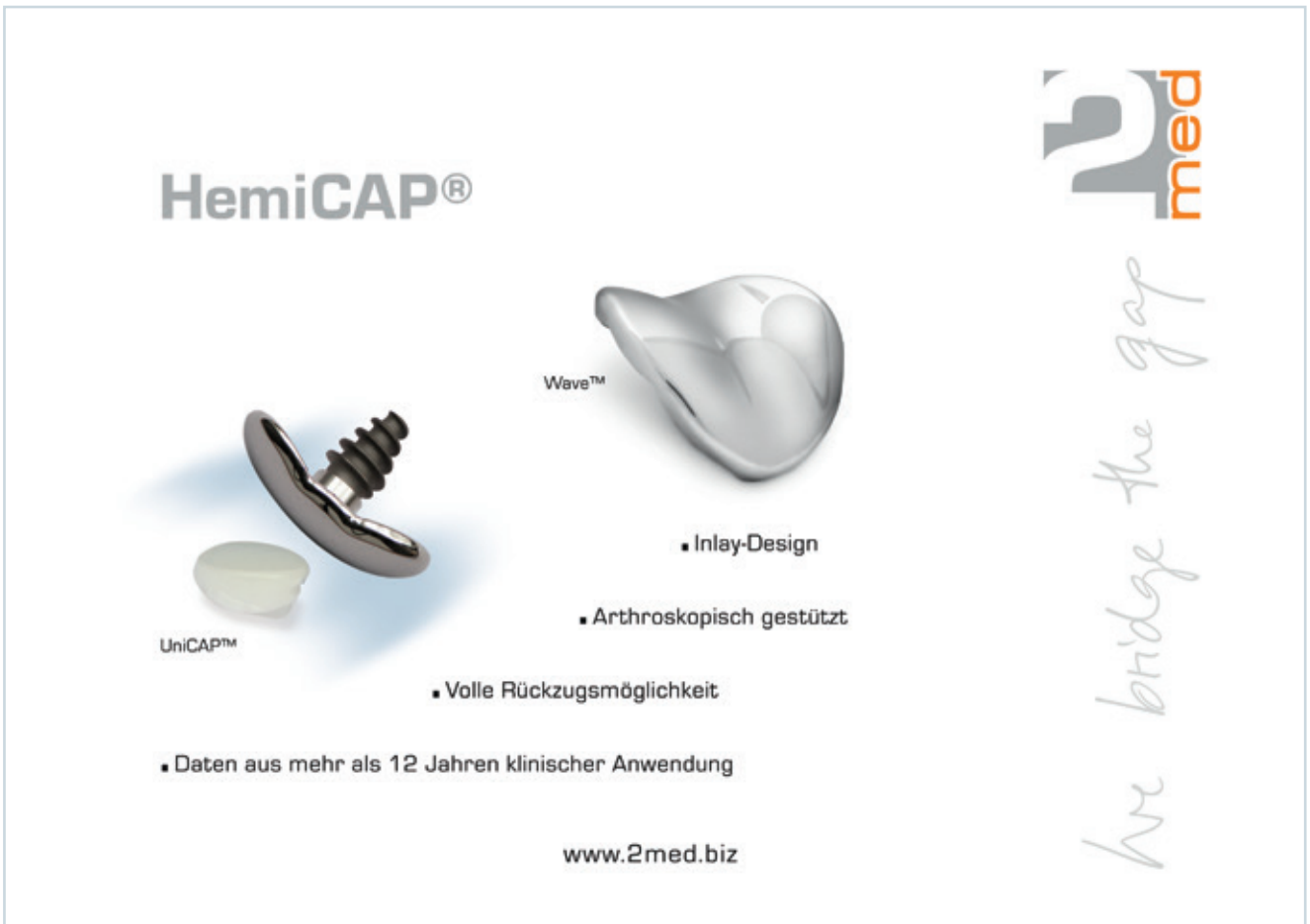
(15) Longo, U.G., et al., Elmslie-Trillat, Maquet, Fulkerson, Roux Goldthwait, and Other Distal Realignment Procedures for the Management of Patellar Dislocation: Systematic Review and Quantitative Synthesis of the Literature. Arthroscopy, 2016.

(16) Magnussen, R.A., et al., Treatment of patella alta in patients with episodic patellar dislocation: a systematic review. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2014. 22(10): p. 2545-50.

(17) Naveed, M.A., C.E. Ackroyd, and A.J. Porteous, Long-term (ten- to 15-year) outcome of arthroscopically assisted Elmslie-Trillat tibial tubercle osteotomy. Bone Joint J, 2013. 95-B(4): p. 478-85.

(18) Arnbjornsson, A., et al., The natural history of recurrent dislocation of the patella. Long-term results of conservative and operative treatment. J Bone Joint Surg Br, 1992. 74(1): p. 140-2.

(19) MJ, A.L.-S. and J.C. Cameron, Functional outcome after tibial tubercle transfer for the painful patella alta. Clin Orthop Relat Res, 2002(396): p. 152-62.



4. Die Bedeutung des lateralen Retinakulum Release und der lateralen Retinakulumverlängerung in der Therapie der patellofemoralen Instabilität

(Geert Pagenstert, René Attal)

4.1 Stellenwert des lateralen Release bei instabiler Patella

Die Patella wird durch die Quadrizepskontraktion physiologischerweise entlang des Femurs aus der Trochlea nach lateral gezogen. Daher ist die Richtung der Patellainstabilität immer nach lateral gerichtet. Eine Instabilität nach medial gibt es nur nach ausgedehnter Durchtrennung des lateralen Retinakulums und Anteilen des M. vastus lateralis. Für die Stabilisierung der Patella sind in Kniestreckung kapsuloligamentäre und muskuläre Faktoren verantwortlich. Der Hauptstabilisator ist dabei das mediale patellofemorale Ligament (MPFL), aber auch das laterale Retinakulum und der M. quadrizeps femoris tragen zur Stabilität bei (1). Ab einer Knieflexion von ca. 20 bis 30 Grad wird die Patella hauptsächlich durch die osteochondrale Geometrie der Trochlea geführt (2). Der Steigungswinkel der lateralen Trochlea ist dabei der entscheidende Faktor für eine suffiziente osteochondrale Abstützung der Patella gegen den Zug des Quadrizepsmuskels.

Vor ca. 20 Jahren war das laterale Release eine alleinstehende chirurgische Therapie der instabilen Patella, weil man glaubte die im Röntgen oder MRT sichtbare Verkippung der Patella (tilt) durch diesen Eingriff korrigieren zu können (3,4), Fehlender Erfolg im Sinne einer Stabilisierung der Patella und die mit dem Eingriff verbundenen Komplikationen der medialen Patellasubluxation und Quadrizepsatrophie haben zu einem kritischen Umgang mit dem lateralen Release als chirurgischer Therapie geführt. Spätestens nachdem 2006 auch biomechanische Studien (1,2) eindeutig zeigen konnten, dass ein laterales Release zu einer Destabilisierung der Patella sowohl nach lateral als auch nach medial führt, ist man sich heute einig, dass das laterale Release als alleinstehende Maßnahme zur Therapie der instabilen Patella kontraindiziert ist.

Das laterale Release führt allerdings nicht nur zu einer Vergrößerung der patellären Instabilität, sondern es führt auch zu einer Quadrizepsathrophie als Komplikation des simplen Durchtrennungsvorgangs mit persistenter Diskontinuität (5) Daher wurde die laterale Retinakulum Verlängerung als alternative Methode zur Dekompression des lateralen Retinakulums vorgestellt. In einer prospektiven doppelt verblindeten Vergleichstudie der Retinakulumverlängerung mit dem lateralen Release konnte gezeigt werden, dass mit der Verlängerung die Komplikationen der Quadrizepsatrophie oder der medialen Instabilität verhindert werden konnten (5).

Auch wenn das laterale Release als isolierte Maßnahme keinen Stellenwert in der Behandlung der instabilen Patella aufweist, so kann eine laterale Retinakulumverlängerung als additive Maßnahme im Rahmen der operativen Patellastabiliserung durchaus sinnvoll sein.

4.2 Indikation der Verlängerung des lateralen Retinakulum

Eine laterale Retinakulumverlängerung ist nur dann indiziert, wenn das laterale Retinakulum zu straff ist oder das Retinakulum durch die geplante Stabilisierungsoperation der Patella zu straff angespannt würde. Um diese rein klinische Situation besser abschätzen zu können, verwenden ich folgende Gradierung eines Repositionstests der Patella:

Grad 1: Die Patella liegt in der Trochleagrube oder kann ohne Kraftaufwand manuell in die Trochlea reponiert werden. In dieser Situation kann die Stabilisierungsoperation ohne eine laterale Retinakulum Verlängerung durchgeführt werden.

Grad 2: Die Patella kann nur mit erheblichem Kraftaufwand in die Trochlea reponiert werden. In dieser Situation ist eine laterale Retinakulum Verlängerung empfohlen, damit durch die geplante Stabilisierungsoperation der Patella kein Hyperkompressionssyndrom erzeugt wird.

Grad 3: Die Patella ist chronisch lateral luxiert und lässt sich manuell nicht in die Trochlea reponieren. In dieser Situation muss eine laterale Retinakulum Verlängerung durchgeführt werden, damit die Stabilisierungsoperation der Patella überhaupt in einer physiologischen kongruenten patellofemoralen Position möglich ist.

Einige Autoren verwenden den Patella Tilt im Röntgen oder MRT als Indikation zur lateralen Retinakulum Dekompression (Lyon School). Der Patella Tilt ist jedoch kein Zeichen einer lateralen Retinakulum Verkürzung und kann daher nicht zur Indikation einer Retinakulumverlängerung dienen. Vielmehr ist ein vermehrter Patella Tilt ein sekundäres Zeichen einer Trochleadysplasie, welche durch das Fehlen der Trochleagrube das Abtauchen der Patella verhindert. Die Patella artikuliert nur mit ihrer lateralen Facette in der flachen Trochlea und ist daher gekippt (tilted). Andererseits kann ein Patella Tilt ein Zeichen einer Patella alta sein, bei der die Patella oberhalb der Trochlea aussenrotiert (tilted) an der Kortikalis des Femurs liegt. Zur Verkippung kann aber auch eine Torsionsfehlstellung von Femur oder Tibia führen, wenn die Troch-

lea unter der Patellaaufhängung nach innen verdreht ist. Somit liegt bei einem vermehrten Patella Tilt oft eine instabile Patella mit lockerem lateralen Retinakulum vor. Eine Durchtrennung dieses Retinakulums führt in dieser Situation keinesfalls zu einer Stabilisierung der Patella und führt zu keiner Verbesserung des Patella Tilt.

4.3 Technische Durchführung der lateralen Retinakulumverlängerung

Im Rahmen der operativen Stabilisierung der Patella wird die laterale Retinakulum Verlängerung nie als alleinige Operation eingesetzt, sondern immer als Kombinationseingriff mit einer Trochleaplastik, Femurosteotomie oder beim Tuberositas Transfer mit MPFL Plastik. Bei Trochleavertiefung oder -Verlängerungsplastik, bei der Femurosteotomie zur Korrektur einer Rotations- oder Valgusfehlstellung wird die laterale Retinakulumverlängerung auch als Zugang zur Trochea oder distalem Femur verwendet.

Das Knie wird in ca. 80 Grad Flexion gestellt, eine Blutsperre kann verwendet werden, muss jedoch zur Abschätzung der Dekompression und zur Hämostase wieder geöffnet werden. Die Hautinzision wird lateral parapatellär angelegt. Die oberflächliche Schicht des lateralen Retinakulums wird ca. 1 cm lateral des Patellarandes inzidiert und es wird ein bis zwei Milimeter in die Tiefe bis auf die senkrecht verlaufenden Fasern des tiefen Anteils der lateralen Retinakulums präpariert (5) Dabei muss sorgfältig auf die Koagulation der superolateralen Gefässe geachtet werden. Es besteht keine natürliche Verschiebeschicht zwischen den beiden Anteilen des lateralen Retinakulums, so dass scharf mit dem Messer präpariert werden muss. Das tiefe Retinakulum wird ca. 10 bis 20mm weiter dorsal elliptisch bis auf die Kapsel durchtrennt. Jetzt wird die Patella in Extension untersucht. Die Spannung kann bisher nur manuell mit einem Tilt Test abgeschätzt werden. Dabei wird die Patella in Streckung lateral von der Trochlea abgehoben. Ein Abheben von 1 cm (entspricht ca. 30-40 Grad Patella Rotation = Turn-up Zeichen) ist ein Zeichen für eine ausreichende Dekompression. Ein "Turn-up" Zeichen von 90°, wie traditionell beschrieben (6) ist nicht nötig und wäre ein übermäßige Dekompression. Je nach Spannung muss die Dekompression nach distal in Richtung des Sulcus zwischen Tuberculum Gerdy und der Tuberositas verlängert werden. Nach proximal besteht die Möglichkeit im Sinne eines parapatellären Zugangs die Dekompression zu erweitern. Am Ende der Stabilisierungsoperation wird lateral die Verlängerung bei ca. 60-80 Grad Knieflexion wieder verschlossen. Durch die Flexion gleiten die beiden Retinakulum Anteile in eine spannungsfreie individuelle Position übereinander, was intraoperativ gut sichtbar ist. In dieser Position wird der oberflächliche Anteil mit dem tiefen Anteil spannungsfrei vernäht. So entsteht eine Verlängerung des Retinakulums, welche auf die individuellen Bedürfnisse des Patienten abgestimmt ist und die Kontinuität zwischen Patella und Tractus iliotibialis wiederherstellt. Optional durchtrennte Fasern des vastus lateralis werden ebenfalls in Flexion wieder locker adaptiert, so dass keine Muskelatrophie entsteht (5).

4.4 Kontraindikation

Bei einem Grad 1 Relokationstest: Die instabile Patella kann manuell ohne Probleme in die Trochlea reponiert werden. In dieser Situation ist die Retinakulumverlängerung nicht nötig und für eine Stabilisierung sogar kontraindiziert.

4.5 Komplikationen

Die häufigste Komplikation der lateralen Retinakulum Dekompression ist ein postoperatives Hämatom durch Blutung aus der Arteria genicularis lateralis superior (7). Bei großem Hämatom kann eine operative Revision mit Ausräumung und chirurgischer Blutstillung nötig werden. Bei geringerem Ausmaß kann die Beweglichkeit des Kniegelenks durch das Hämatom so schmerzhaft sein, dass eine Narbenkontraktur des lateralen Retinakulums mit Rezidiv der Retinakulumverkürzung auftreten kann. Zudem kann durch Resorption des Hämatoms im Verlauf eine persistente Wundsekretion auftreten, welche das Risiko einer sekundären Gelenksinfektion mit sich trägt. Diese Gelenksinfektion ist wahrscheinlicher, wenn das Retinakulum einfach durchtrennt wurde und weniger häufig, wenn das Retinakulum bei der Verlängerung wieder vernäht und somit der subcutane Bereich von dem artikulärem Bereich kompartimentiert wurde. Somit kommt der gezielten Koagulation der Arteria genicularis bei der lateralen Retinakulum Dekompression eine besondere Bedeutung zu und sollte bei geöffneter Blutsperre erfolgen.

Als zweite spezielle Komplikation der lateralen Retinakulum Dekompression, wird die iatrogene mediale Patellainstabilität beschrieben (8,9). Damit es zu einer offensichtlichen medialen Luxation der Patella kommt, müssen relevante Anteile des M. Vastus lateralis durchtrennt worden sein. Es ist sogar eine komplette Quadrizepsruptur als Komplikation des lateralen Release beschrieben worden (10). Ob eine weniger offensichtliche mediale Patellainstabi-

lität vorliegt, kann durch den Gravitation-Subluxationstest nach Nonweiler geprüft werden (11). Dabei liegt der Patient auf der kontralateralen Seite und der Untersucher hält das Knie in Extension bei entspannter Quadrizepsmuskulatur. Es kommt durch Gravitation zu einer spontanen Subluxtion der Patella nach medial. Durch Anspannung des Quadrizeps kommt es zu einer Reposition. Der Untersucher kann dies gut tasten, indem er die Patella nach medial subluxiert hält. Der Patient kann bei ausgeprägter medialer Instabilität die Patella nicht aktiv in die Trochlea zentrieren.

MR-tomographisch kann eine chronische mediale Instabilität durch eine mediale Subluxation der Patella visualisiert werden. Häufiger ist die mediale Instabilität jedoch nur klinisch erfassbar und im MRT findet sich lediglich eine fehlende Kontinuität des lateralen Retinakulums, mit mehr oder weniger ausgeprägter Atrophie des M. Vastus lateralis ohne sichtbare Subluxation der Patella (◘ **Abb. 1**).

4.6 Ergebnisse der lateralen Retinakulum Verlängerung

Aufgrund von aufgetretenen synovialen Hernien und medialer Subluxation nach lateralem Release haben Larsen (12) und Biedert (13) die wichtige Modifikation der lateralen Verlängerung beschrieben. Es liegt nur wenig Literatur vor, welche Ergebnisse von lateralem Release und lateraler Verlängerung vergleichen. (5). Die beschriebenen Komplikationen der medialen Instabilität und Muskelatrophie traten in der Gruppe der lateralen Verlängerung signifikant seltener auf. Auch wenn Merchant (14) die Studie wegen des klassisch durchgeführten ausgedehnten lateralen Releases nach Henry (6) der kritisiert, konnten die deutlich geringeren Komplikationen und das bessere klinische Ergebnis in der Verlängerungs-Gruppe überzeugen.

4.7 Therapie der medialen Instabilität

Wurde das laterale Release als alleinige Therapie der Instabilität durchgeführt, liegt nun in der Regel nicht nur eine laterale sondern dann auch eine höhergradige mediolaterale Patellainstabilität vor. In diesen Fällen lassen sich in der Regel die durchtrennten Anteile des Retinakulums und des M. Vastus lateralis wieder durch Präparation darstellen. Nun wird vor der chirurgischen lateralen Rekonstruktion die nötige Stabilisierungsoperation der Patella durchgeführt (z.B. MPFL Plastik) und anschließend das laterale Retinakulum in 60-80 Grad Flexion spannungsfrei verschlossen. Findet sich zu wenig suffizientes Gewebe für einen spannungsfreien Verschluss, kann ein Fascia lata Streifen oder ein Vicyl-Netz in den Defekt eingenäht werden (11).

4.8 Fallbeispiel

Eine 19 jährige Patientin stellt sich nach 4 Operationen in den letzten 3 Jahren vor. Es wurde ein laterales Release, ein Resektionsrelease, eine Medialisierung der Tuberositas tibiae und ein M. vastus medialis-Transfer durchgeführt. Das Resultat war eine weiterhin deutlich instabile Patella bei persistenter Patella alta und zahlreiche Narben (◘ **Abb. 2a** bis **2c**).

Ein komplexer Revisionseingriff wurde erforderlich. Primär erfolgte das Rückversetzen der Tuberositas tibiae auf einen normalen TT-TG Abstand von 12 mm und einen Caton-Deschamps Index von 1,1. Nun wurde die Patella mittels MPFL Plastik stabilisiert. Zuletzt erfolgte die Rekonstruktion des lateralen Retinakulums und durchtrennter Anteile des M. vastus lateralis. Die **Abbildungen 3a** bis **3c** zeigen den Operationssitus.

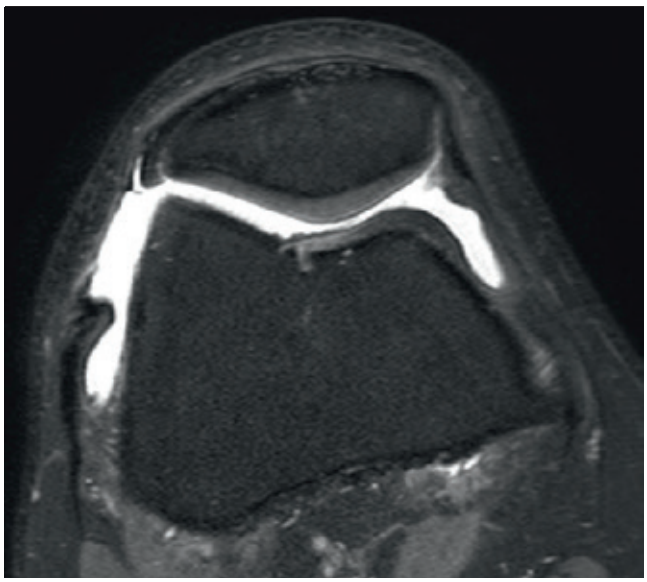


Abb. 1 ▲ MRT mit durchtrenntem Retinakulum
© 2016 AGA-Komitee-Knie-Patellofemoral

Abb. 2a bis **2c** ▲ Verbliebene laterale Instabilität. b)mediale Patellainstabilität mit insuffizienten lateralem Retinakulum c) positiver Gravitation-Subluxationstest nach Nonweiler
© 2016 AGA-Komitee-Knie-Patellofemoral

Abb. 3a bis **3c** ▲ Stabilisierung der Patella mit MPFL Rekonstruktion mittels Gracilissehne. b. Öffnen der alten lateralen Narbe zeigte das Ausmaß des Resektionsrelease des lateralen Retinakulums. Direkt unter der Haut lag die Gelenkhöhle mit durchtrennten M. vastus lateralis Anteilen. c. Rekonstruktion des M. vastus lateralis und lateralen Retinakulums durch direkte Naht.
© 2016 AGA-Komitee-Knie-Patellofemoral

Literatur:

(1) Christoforakis J, Bull AMJ, Strachan RK, Shymkiw R, Senavongse W, Amis AA. Effects of lateral retinacular release on the lateral stability of the patella. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. Springer-Verlag; 2006 Mar;14(3):273–7.

(2) Ostermeier S, Stukenborg-Colsman C, Hurschler C, Wirth C-J. In vitro investigation of the effect of medial patellofemoral ligament reconstruction and medial tibial tuberosity transfer on lateral patellar stability. Arthroscopy. 2006 Mar;22(3):308–19.

(3) Merchant AC, Mercer RL. Lateral release of the patella. A preliminary report. Clin Orthop Relat Res. 1974;(103):40–5.

(4) Scuderi G, Cuomo F, Scott WN. Lateral release and proximal realignment for patellar subluxation and dislocation. A long-term follow-up. J Bone Joint Surg Am. 1988 Jul;70(6):856–61.

(5) Pagenstert G, Wolf N, Bachmann M, Gravius S, Barg A, Hintermann B, et al. Open lateral patellar retinacular lengthening versus open retinacular release in lateral patellar hypercompression syndrome: a prospective double-blinded comparative study on complications and outcome. Arthroscopy. 2012 Jun;28(6):788–97.

(6) Henry JH, Goletz TH, Williamson B. Lateral retinacular release in patellofemoral subluxation. Indications, results, and comparison to open patellofemoral reconstruction. The American Journal of Sports Medicine. 1986 Mar;14(2):121–9.

(7) Elkousy H. Complications in brief: Arthroscopic lateral release. Clin Orthop Relat Res. Springer-Verlag; 2012 Oct;470(10):2949–53.

(8) Nonweiler DE, DeLee JC. The diagnosis and treatment of medial subluxation of the patella after lateral retinacular release. The American Journal of Sports Medicine. 1994 Aug 31;22(5):680–6.

(9) Kolowich PA, Paulos LE, Rosenberg TD, Farnsworth S. Lateral release of the patella: indications and contraindications. The American Journal of Sports Medicine. 1990 Jul;18(4):359–65.

(10) Blasier RB, Ciullo JV. Rupture of the quadriceps tendon after arthroscopic lateral release. Arthroscopy. 1986;2(4):262–3.

(11) Nonweiler DE, DeLee JC. The diagnosis and treatment of medial subluxation of the patella after lateral retinacular release. The American Journal of Sports Medicine. 1994 Sep;22(5):680–6.

(12) Larson RL, Cabaud HE, Slocum DB, James SL, Keenan T, Hutchinson T. The patellar compression syndrome: surgical treatment by lateral retinacular release. Clin Orthop Relat Res. 1978 Jul;(134):158–67.

(13) Biedert RM. Case Study 3 Lateral Patellar Hypercompression, Tilt and Mild Lateral Subluxation. Patellofemoral Disorders. Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd; 2004. 6 p. (Diagnosis and Treatment).

(14) Merchant AC. Is it lateral retinacular lengthening versus lateral retinacular release or over-release? Arthroscopy. 2013 Mar;29(3):403.

5. MPFL – Funktion, Sinn und Unsinn
(Philip Schöttle)

Das mediale patellofemorale Ligament (MPFL) ist der wichtigste passive Stabilisator des patellofemoralen Gelenks. Eine unzureichende Funktion spielt eine entscheidende Rolle bei der Entstehung der patellofemoralen Instabilität. Nach heutigem Wissensstand wird eine MPFL-Ruptur oder -Insuffizienz als Grundvoraussetzung für die patellofemorale Instabilität angesehen. In mehreren Studien konnte gezeigt werden, dass bei über 90% der Patienten mit stattgehabter Patellaluxation ein rupturiertes oder insuffizientes MPFL vorliegt. Hierbei muss zwischen einer akuten, frischen Ruptur nach traumatischem Luxationsereignis und einer chronischen Insuffizienz bzw. MPFL-Unterentwicklung bei Patienten mit schon länger bestehenden habituellen Patellaluxationen unterschieden werden. Bei letzterer Patientengruppe kann eine Vielzahl von prädispositionierenden Faktoren zugrunde liegen. Es ist essentiell, diese bei der Auswahl des Behandlungsverfahrens zu kennen und zu berücksichtigen. Zu diesen Faktoren gehören hauptsächlich die Trochleadysplasie, die Patella alta, eine Valgusdeformität sowie ein Innenrotationsfehler des Femur, seltener ein Außenrotationsfehler der Tibia oder Lateralisation der Tuberositas. Zudem spielt auch die Rupturlokalisation des MPFL für das Reluxationsrisiko bei der Therapieplanung eine wichtige Rolle.

Für die korrekte Indikationsstellung zur Rekonstruktion des MPFL ist daher die Anamnese, klinische Untersuchung sowie die bildgebende Diagnostik entscheidend, um das Vorliegen bzw. die Ausprägung der o.g. auslösenden Faktoren herauszufiltern. Als weitere Orientierung kann der PISS (Patella Injury Severity Score) herangezogen werden, bei dem jedem prädisponierenden Faktor ein Punktewert zugeordnet wird und die Summe das Reluxationsrisiko einschätzen lässt.

5.1 Indikation für eine MPFL-Rekonstruktion

Eine MPFL Rekonstruktion kann sowohl isoliert, als auch in Kombination mit weiteren Verfahren indiziert sein. Die isolierte MPFL-Rekonstruktion findet Anwendung bei Patienten mit traumatischer isolierter Ruptur des MPFL ohne eine der o.g. Begleitpathologien mit anhaltender Instabilität und Rezidivluxationen. Bei der rein traumatischen Patellaluxation kommt es durch ein direktes Anpralltrauma zur Patelladislokation und Ruptur des MPFL ohne Vorliegen eines prädispositionierenden Faktors. Dieser Unfallmechanismus ist jedoch von eher untergeordneter Zahl und liegt bei ca. 5-7% aller Patellaluxationen vor.

Nach einem frischen Luxationsereignis ist das Erkennen von osteochondralen Absprengungen an der medialen Patellafacette bzw. an der lateralen Femurkondyle im Sinne einer contrecoup-Verletzung von besonderer Wichtigkeit. Diese treten bei ca. einem Viertel aller Erstluxationen auf. In diesem Fall besteht die klare Empfehlung zur zeitnahen operativen Versorgung mit Refixation des osteochondralen Flakes und MPFL-Rekonstruktion. Ohne zusätzliche osteochondrale Verletzungen kann ggf. zunächst konservativ bzw. bei entsprechender Indikation, erst im zeitlichen Intervall operativ vorgegangen werden. Eine sofortige operative Versorgung sollte man anhand der begleitenden Risikofaktoren abwägen. Ebenfalls sehr wichtig bei der Beurteilung des primären MRTs nach Luxationsereignis ist die Unterscheidung zwischen femoralen und patellären Abrissen des MPFL. Bei femoralen Abrissen hat sich gezeigt, dass das Risiko für eine Reluxation im Vergleich zu patellären Ausrissen deutlich höher ist. Somit sollte bei einem femoralen MPFL-Ausriss eher die operative Rekonstruktion angestrebt werden.

Bei Patienten mit chronischer MPFL-Insuffizienz und nur mild ausgeprägter Trochleadysplasie (Typ A nach Dejour) und auch ansonsnten fehlenden statischen Risikofaktoren kann durch die isolierte Rekonstruktion des MPFL eine ausreichende Stabilisierung der Patella erzielt werden. Dies ist bei dem Großteil der Patienten mit Patellaluxation der Fall. Insgesamt finden sich bei bis zu 96% der Fälle mit patellofemoraler Instabilität mehr oder weniger ausgeprägte Formen der Dysplasie. Bei Patienten mit einer geringgradigen Trochleadysplasie besteht eine Instabilität im strecknahen Bereich von 0° bis ca. 20° Knieflexion. Bei zunehmenden Flexionsgraden wird die Patella durch das Eintauchen in die trochleäre Gleitrinne knöchern stabilisiert. Durch die korrekte anatomische Rekonstruktion des MPFL kann daher die Instabilität im strecknahen behoben werden. Die primär operative Versorgung bei dieser Patientengruppe wird insbesondere bei Patienten mit femoralen MPFL-Ausrissen empfohlen.

Während sich die Effizienz der MPFL-Rekonstruktion bei Erwachsenen Patienten in den letzten Jahren bewiesen hat, stellt diese bei Kindern oder Jugendlichen mit noch offenen Epiphysenfugen eine Herausforderung dar. Von entscheidender Bedeutung ist die MPFL-Insertionsstelle um die distale femorale Epiphysenfuge, da diese zu 70% am Femurwachstum und zu 37% am Wachstum der unteren Extremität beteiligt ist (10). Hierbei sollen Operationsverfahren gewählt werden, welche eine Verletzung der Wachstumsfuge femoral vermeiden. Dies muss intraoperativ streng überwacht werden. Bei höhergradigen knöchernen Anomalien kann eine isolierte MPFL-Rekonstruktion unter sehr strengen Bedingungen indiziert werden. Wichtig hierbei ist jedoch die enge Patientenanbindung im postoperativen Verlauf um die nachfolgenden notwendigen Korrekturoperati-

onen nach Wachstumsabschluss nicht aus den Augen zu verlieren. Mögliche Operationsverfahren in diesen Fällen werden im Kapitel Operationstechnik beschrieben.

Liegt eine Patella alta, mit sogenanntem positivem Engagement, d.h. Kontakt zwischen Patella und trochleärem Gleitlager vor, so ist eine Stabilisierung mit einer isolierten MPFL-Rekonstruktion indiziert. Dadurch wird die Patella im luxationsgefährdeten strecknahen Bereich, welcher durch den Patellahochstand vergrößert ist, stabilisiert.

5.2. Kontraindikation für eine isolierte MPFL-Rekonstruktion

Wie bereits zuvor erwähnt ist die MPFL-Rekonstruktion keine Notfallindikation. Einzelne Autoren postulieren, die operative Versorgung frühestens ab dem zweiten oder dritten Luxationsereignis vorzunehmen. Insbesondere bei geplanten Kombinationseingriffen mit knöchernen Korrekturen von prädisponierenden Faktoren, sollte eine ausreichende Abschwellung, ein verbesserter Bewegungsumfang als unmittelbar posttraumatisch, sowie die volle Belastbarkeit vor einer Operation erreicht werden.

Für einen konservativen Therapieversuch kommen Patienten nach traumatischer Patellaluxation ohne prädispositionierende Begleitpathologie sowie Patienten nach dem Erstereignis einer Patellaluxation mit nur milder Trochleadysplasie in Frage. Das in der Literatur angegebene Reluxationsrisiko variiert jedoch stark und liegt zwischen 15-44% (5-8). Dieses hängt stark von der Risslokalisation des MPFL ab. Neueste Ergebnisse zeigen, dass ein konservativer Behandlungsversuch bei patellären Ausrissen zu guten Ergebnissen führen kann. Als Grundvoraussetzung für ein konservatives Vorgehen ist hier immer der Ausschluss von osteochondralen Verletzungen.

Als operative Verfahren stehen die primäre Naht, die Refixation des frisch rupturierten MPFL mit bioresorbierbaren Fadenankern, die anatomische Rekonstruktion des MPFL mit autologem Gracilistransplantat zur Auswahl oder die “Umkehrplastik“ mit der Sehne des M. adductor magnus.

Die Herausforderung bei der Indikationsstellung, für ein operatives Vorgehen besteht darin, eine ausreichende Stabilisierung der Patella zu erreichen, ohne eine Druckerhöhung auf die femoropatellare Gelenkfläche zu provozieren. Zur Auswahl des optimalen Operationsverfahrens bei Patienten mit stattgehabter Patellaluxation müssen die zugrunde liegenden Begleitpathologien korrekt erkannt und eingeordnet werden. Folgende Risikofaktoren müssen hierbei bedacht werden:

- Fehlen eines adäquaten Trauma (Bagatelltrauma, chronische habituelle Patellaluxation ohne adäquates Trauma)
- Alter bei Erstluxation < 14 J.
- Instabilität oder Luxation auf der Gegenseite
- Mehrfache Luxationsereignisse
- Positive Familienanamnese
- Mädchen > Jungen

Liegt kein adäquates traumatisches Ereignis vor und treffen mehrere der o.g. Punkte zu, ist von einer höhergradigen, statisch bedingten Instabilität mit ossärer Pathomorphologie auszugehen. Das Reluxationsrisiko ist in diesen Fällen sehr hoch. Hier ist die operative Stabilisierung in Kombination mit einer Korrektur der bestehenden Begleitpathologie indiziert.

Auf dem Weg zur Verfahrensauswahl für den jeweiligen Patienten werden Zusatzinformationen durch die klinische Untersuchung sowie die radiologische Diagnostik benötigt:

Hinweise für das Vorhandensein von ossären Risikofaktoren bei der klinischen Untersuchung sind eine bei der Inspektion im Stehen auffallende Valgusstellung, ein positives Apprehension-Sign bei Knieflexion über 30° hinaus sowie ein positives J-Sign bei über 30° Knieflexion. Insbesondere das reversed J-Sign spricht für das Vorliegen einer ausgeprägten ossären Pathologie. Dieses Phänomen beschreibt das Eingleiten der zuvor lateralisierten Patella in die Trochlea beim Übergang von Extension in Flexion, was durch eine angewöhnte Trickbewegung erreicht wird. Ebenso ist ein erhöhter Patella-Shift und -Tilt ein Hinweiszeichen. Besteht bei einem Patienten eine ausgeprägte Patella alta, ist dies bei Knieflexion von 80° auch von außen klinisch erkennbar.

Treten diese Zeichen bei der klinischen Untersuchung auf, sollte keine alleinige MPFL-Plastik vorgenommen werden.

Ein weiteres diagnostisches Kriterium besteht in der Differenzierung zwischen Beschwerden, die durch eine patellofemorale Instabilität oder durch patellofemorale Schmerzen verursacht werden. Der vordere Knieschmerz tritt häufig bei Patienten mit schon länger bestehender Problematik auf, die ggf. schon voroperiert sind, und kann ein Hinweis auf eine Patellofemoralarthrose sein.

Die isolierte MPFL-Rekonstruktion kann in dieser Situation zu einer Verschlimmerung führen, da der Patellafirst ggf. in den arthrotisch veränderten Bereich der Trochlea gedrückt werden würde.

In der obligat durchzuführenden MRT werden Grad der Trochleadysplasie sowie ein vermehrter Patella-Tilt und -Shift beurteilt sowie der TTTG vermessen. Zudem kann der Zustand des femoropatellären Gelenkknorpels eingeschätzt werden. Beim klinischen Verdacht auf eine hochgradige Valgusfehlstellung und persistierender patellofemoraler Instabilität über 60° Knieflexion müssen ergänzend Ganzbeinstandaufnahmen sowie ggf. ein Rotations-CT angefertigt werden. So kann das Vorliegen von Achsdeformitäten erkannt werden.

Zeigt sich eine höhergradige Trochleadysplasie (Dejour Typ B-D) mit klinischer Instabilität zwischen 30° und 60° Knieflexion, ist die Korrektur der zugrunde liegenden ossären Pathomorphologie durch eine Trochleaplastik indiziert. Hierbei wird eine trochleäre Gleitrinne für die Patella geschaffen. Ergänzend hierzu soll eine MPFL-Rekonstruktion vorgenommen werden, um eine korrekte Zentrierung der Patella sowie die Stabilität im strecknahen Bereich zu gewährleisten. Wenn der bei Trochleadysplasie Typ C und D bestehende knöcherne Bump belassen würde, führte eine isolierte MPFL-Plastik bei dysplastischem Gleitlager jedoch zu einer massiven Erhöhung des patellofemoralen Anpressdrucks. Dies kann für den Patienten die Entstehung eines patellofemoralen Schmerzsyndroms bedeuten und die Entwicklung einer Patellofemoralarthrose deutlich beschleunigen.

Bei Patella alta ohne Engagement zwischen der proximalen Trochlea und Patellarückfläche (Patellahochstand mit einem Index von > 1,3 nach Caton Deschamps) muss zunächst durch eine Distalisierung der Tuberositas tibiae das Engagement erreicht werden. In einem zweiten Schritt wird die patellofemorale Stabilität durch eine MPFL-Rekonstruktion gesichert.

Bei ausgeprägter Valgusstellung oder einem Innenrotationsfehler des Femur über 20° bzw. einer tibialen Außenrotation über 40° ist eine ausreichende Stabilisierung der Patella mittels MPFL-Rekonstruktion allein gar nicht möglich. Das MPFL ist bei diesen massiven Achsdeformitäten nicht im Stande die Patella zu zentrieren. Außerdem würde sich auch hier der patellofemorale Anpressdruck zwischen Patella und lateraler Femurkondyle deutlich erhöhen und die Entstehung einer patellofemoralen Arthrose begünstigen. In diesen Fällen ist eine distale varisierende Femurosteotomie bzw. eine distale Derotationsosteotomie des Femurs indiziert. Wie bei der Trochleaplastik soll ergänzend die MPFL-Rekonstruktion vorgenommen werden.

Wie bereits angesprochen, ist die isolierte MPFL-Rekonstruktion bei Patienten mit einer patellofemoralen Arthrose nicht indiziert, da hierbei der patellofemorale Druck weiter erhöht wird und die Arthrose zunehmen würde. Hier muss entweder eine Tuberositasosteotomie oder der Oberflächenersatz des trochleären Gleitlagers und, bei vorliegender Instabilität, die nachfolgende MPFL-Plastik erwogen werden.

Ein nicht zu vernachlässigender Teil der Patienten mit einer patellofemoralen Problematik ist bereits voroperiert. Nach stattgehabter Tuberositasmedialisierung bzw. dem früher häufig durchgeführten lateral release müssen hier häufig Kombinationseingriffe wie die MPFL-Rekonstruktion mit Tuberositas-Rückversatz und/oder lateraler Erweiterungsplastik durchgeführt werden.

5.3 Operationstechnik “aperture fixation”

5.3.1. Lagerung

Rückenlagerung, Anlage einer Blutleere (250mmHg), Lagerung des Beins im elektrischen Beinhalter (**Abb. 1**).

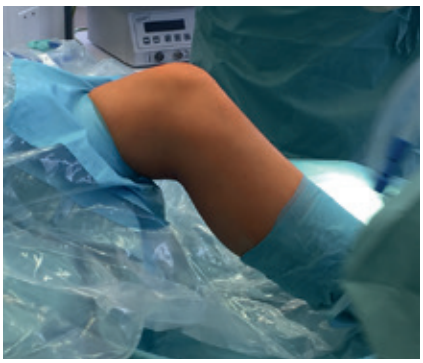


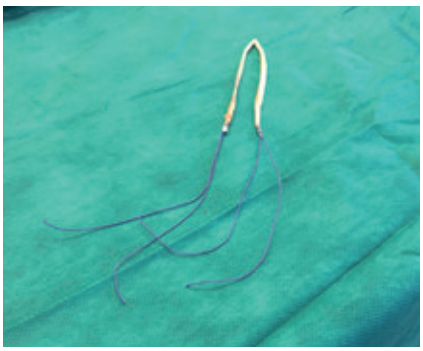
Abb. 1 ▲ Lagerung
© 2016 AGA-Komitee-Knie-Patellofemoral

5.3.2. Arthroskopie

Initial kann eine Arthroskopie zur Beurteilung der Knorpelsituation sowie der Trochleamorphologie und zur Entfernung bestehender Vernarbungen erfolgen.

5.3.3. Transplantatentnahme und Präparation der Gracilissehne

Nach Beendigung der Arthroskopie erfolgt die Entnahme der Gracilisehne. Wir entnehmen diese über eine Hautinzision im Bereich des Pes anserinus. Die entnommene Sehne wird von Muskelgewebe befreit und auf beiden Seiten mit einem resorbierbaren Faden auf eine Länge von 10 mm angeschlungen (□ **Abb. 2a** und **Abb. 2b**). Sie sollte für eine suffiziente Rekonstruktion eine Länge von 18 -20cm besitzen.



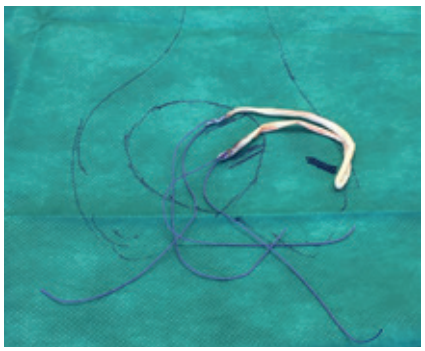


Abb. 2a und **Abb. 2b** ▲ Präparation der Gracilissehne
© 2016 AGA-Komitee-Knie-Patellofemoral

Abb. 3 und **Abb. 4** ▲ Setzen der 2 Bohrdrähte und Überbohren mit einem kanülierten Bohrer © 2016 AGA-Komitee-Knie-Patellofemoral

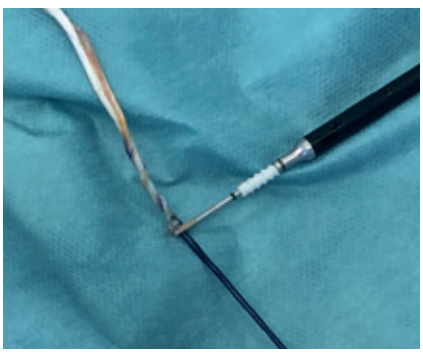


Abb. 5 und **Abb. 6** ▲ Einfädeln der Sehnenenden und Fixierung an der Patella
© 2016 AGA-Komitee-Knie-Patellofemoral

5.3.4. Präparation der patellären Insertionsstelle

Da die patelläre Insertionsstelle des MPFL von der superomedialen Ecke der Patella bis zur Mitte des medialen Patellarandes reicht (1), erfolgt eine 2 cm lange Hautinzision über diesem Bereich. Um eine direkte, anatomische („aperture fixation“) Fixation an der Patella zu erreichen, müssen die freien Enden des Grafts direkt in der Patella versenkt werden. Dazu werden 2 Bohrdrähte – einer in die medioproximale Ecke der Patella und einer 15–20 mm distal davon – in die Patella gebohrt (◘ **Abb. 3**) und mit einem kanülierten 4.5-mm-Bohrer auf eine Tiefe von 20 mm überbohrt (◘ **Abb. 4**). Wichtig ist hierbei, die Bohrrichtung schräg absteigend und parallel zu führen, um einen proximalen „blowout“ beim Überbohren oder eine Fraktur der Schwachstelle durch Zusammenlaufen der Bohrlöcher zu vermeiden.

5.3.5. Transplantatfixation Patella

Beide Sehnenenden werden mit einem „knotless anchor“ in der Patella anatomisch und direkt fixiert (◘ **Abb. 5** und **Abb. 6**). In gleicher Art und Weise wird dann das andere Sehnenende im zweiten patellären Bohrloch fixiert. Damit entsteht an der Patella die gewünschte Zwei-Bündel-Konstruktion (◘ **Abb. 7**).

5.3.6. Präparation der Gewebeschicht

Es ist bekannt, dass das MPFL in der zweiten Schicht des medialen patellofemoralen Komplexes zentral des M. vastus medialis obliquus (VMO) verläuft (18). Um diese zu präparieren, wird der zentrale Teil des VMO dargestellt und mit einer Schere die darunter liegende Schicht in Richtung des medialen Femurkondylus präpariert (◘ **Abb. 8**), wobei darauf zu achten ist, dass die noch tiefer liegende Kapsel intakt bleibt und das Gelenk nicht eröffnet wird. Nachdem die Schicht mit geöffneter Schere erweitert wurde, führt man einen Overhold ein und tastet damit das anatomische, femorale Insertionsareal des MPFL, das sich zwischen dem tuberculum adductorium und dem Epicondylus medialis befindet (◘ **Abb. 9**). Über der Overhold-spitze wird in 30° Knieflexion eine Stichinzision durchgeführt und eine Fadenschlinge eingezogen (◘ **Abb. 10** und **Abb. 11**).

5.3.7. Präparation der femoralen Insertionsstelle

Ein Bohrdraht mit Öse wird in der Region der femoralen Insertionsstelle eingebracht (◘ **Abb. 12**) und knochennah mit einer Klemme markiert. Die Eintrittsstelle des Drahts wird in einer streng seitlichen Aufnahme unter Verwendung eines Bildwandlers überprüft (◘ **Abb. 13**). In einer früheren Studie wurde die anatomische Insertionsstelle im Bereich der Verlängerung der posterioren Kortikalis des Femurs, zwischen dem proximalen Ansatz des medialen Epikondylus sowie dem posteriorsten Punkt der Blumensaat- Linie beschrieben (◘ **Abb. 14**) (15, 16). Sollte die Lage des Bohrdrahts nicht anatomisch sein, muss diese angepasst werden, da eine nichtanatomische femorale Fixierung postoperativ zu einem erhöhten patellofemoralen Druck führen kann (1). Sobald die Lage des Zieldrahts physiologisch ist, wird er nach lateral durchgebohrt und mit einem 6 mm Bohrer bis zur Gegenkortikalis überbohrt. Der Zieldraht verbleibt in situ.

Abb. 7 ▲ Zwei-Bündel-Rekonstruktion
© 2016 AGA-Komitee-Knie-Patellofemoral

Abb. 8 und **Abb. 9** ▲ Präparation der Schicht mit der Schere, Einführen eines Overholds, Auffinden der femoralen Insertionsstelle
© 2016 AGA-Komitee-Knie-Patellofemoral

Abb. 10 und **Abb. 11** ▲ Eine Fadenschlinge wird in die zweite patellofemorale Schicht eingezogen und mit einer Klemme gesichert.
© 2016 AGA-Komitee-Knie-Patellofemoral

Abb. 12 und **Abb. 13** ▲ Einführen eines Bohrdrahtes in den Bereich der femoralen Insertionsstelle und genaue Identifikation unter Bildwandlerkontrolle.
© 2016 AGA-Komitee-Knie-Patellofemoral

Abb. 14 ▲ Schema der femoralen MPFL-Insertion in einem gedachten Viereck vor der Tangentialen zur posterioren Kortikalis und zwischen dem posterioren Punkt der Blumensaat-Linie und dem Beginn des medialen Femurkondylus (16) © 2016 AGA-Komitee-Knie-Patellofemoral

Abb. 15 bis **Abb. 20** ▲ Einlegen des Durchzugsfaden in die Transplantatschlaufe, Einzug in die vorher präparierte Schicht, Einfädeln in die Öse des Bohrdrahtes, Vorlage eines Nitinoldrahtes in das Bohrloch. Durch das Ausleiten des Bohrdrahtes nach lateral wird das Transplantat in den femoralen Kanal eingezogen. Abschließend Setzen der Bio-Interferenz-Schraube über den Nitinoldraht und Fixierung in 30° Flexion.
© 2016 AGA-Komitee-Knie-Patellofemoral

5.3.8. Transplantatfixation femoral

In der vorher entstandenen Transplantatschlaufe wird ein Durchzugsfaden eingelegt (◘ **Abb. 15**) und das Transplantat wird mit der vorgelegten Fadenschlinge durch die zweite Schicht zur femoralen Insertion ausgezogen (◘ **Abb. 16** und **Abb. 17**). Über den noch liegenden Bohrdraht wird ein Nitinoldraht vorgelegt und die Fadenschlinge des Transplantats mittels Bohrdraht nach lateral ausgeleitet (◘ **Abb. 18** und **Abb. 19**). Dann wird das Transplantat in das femorale Bohrloch eingezogen und mit einer bioresorbierbaren Interferenzschraube (in der Regel eine Biointerferenzschraube 6x23 mm) in 30° Knieflexion fixiert (◘ **Abb. 20**). Dabei ist darauf zu achten, dass die laterale Patellafacette auf der gleichen Höhe wie der laterale Femurkondylenrand

liegt und kein Zug auf das Transplantat ausgeübt wird, um keine Erhöhung des patellofemoralen Anpressdruckes zu erzeugen.

Der volle Bewegungsumfang und die Patellastabilität werden bei liegendem Schraubenzieher überprüft, um das MPFL nochmals neu zu fixieren, sollten sich Krepitationen oder Instabilitäten bei der Überprüfung zeigen.

5.4 Technik bei noch nicht verschlossenen Epiphysenfugen

5.4.1. Femorale Insertion distal der Wachstumsfuge

Die femorale MPFL-Insertion wurde distal der Insertion des M. adductor magnus und proximal der MCL beschrieben und befindet sich somit sehr nah an der distalen femoralen Wachstumsfuge (4, 9, 11, 13). Unterschiedliche Meinungen bestehen jedoch ob diese Stelle eher distal (3, 9) oder proximal (17) der Wachstumsfuge liegt. In letzterem Fall könnten bei weiterem Knochenwachstum eine proximale Migration der Knochenfixation und somit eine übermäßige Spannung des Transplantates, ein Verlust der Isometrie und eine Bewegungseinschränkung resultieren (10).

Ladenhauf et al. stellten ein mögliches operatives Verfahren vor, mit dem eine Verletzung der offenen Epiphysenfuge bei Jugendlichen verhindert werden soll (◘ **Abb. 21**). Dabei wird intraoperativ, fluoroskopisch assistiert, in anterior-posterioren Strahlengang ein Führungsdraht 5-7 mm distal der medialen Wachstumsfuge und im seitlichen Strahlengang im Bereich des Punktes nach Schöttle nach distal in Richtung des Kniegelenkes gebohrt. Zu beachten ist, dass in lateraler Aufnahme die Insertionsstelle aufgrund des nicht linearen Verlaufs der Wachstumsfuge fälschlicherweise proximal dieser erschienen kann. Danach erfolgt die Bohrung des Kanals mit einem Durchmesser von 6mm und einer Tiefe von 15 bis 20mm. Die Gracilissehne wird dann mittels Tenodese-Schraube fixiert. Die patelläre Fixation erfolgt in üblicher Weise (10).

5.4.2 Adduktor-magnus Umkehrplastik

Eine weitere Möglichkeit zur Patellastabilisierung ohne eine femorale Bohrung durchzuführen ist durch die Benutzung der Adduktor-magnus-Sehne gegeben (◘ **Abb. 22**). Dabei wird mit Hilfe einer ca. 15 cm langen medialen Inzision zuerst der M. vastus medialis nach anterior angehoben. Danach erfolgt durch stumpfe digitale Präparation das Aufsuchen des MPFL. Dieses wird femoral abgesetzt um später refixiert zu werden. Als nächster Schritt wird die Insertion der Sehne des M. adductor magnus am tuberculum adductorius aufgesucht und soweit nach proximal präpariert bis sie ca. 8 cm proximal des Ansatzes getrennt werden kann. Im Anschluss wird das vorher abgesetzte MPFL am

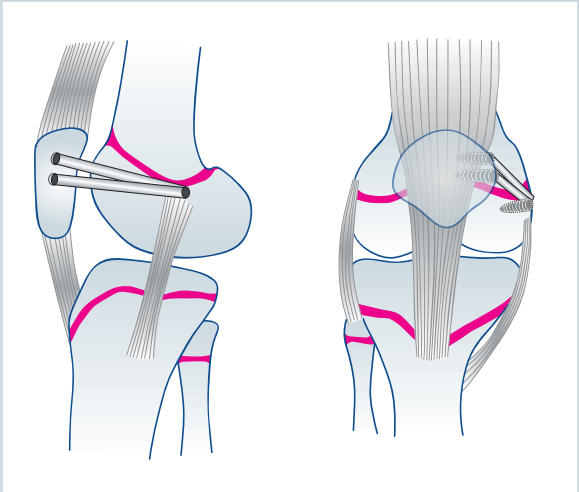


Abb. 21 ▲ Modifizierte Technik zur MPFL-Rekonstruktion bei nicht verschlossenen Epiphysenfugen. Fixierung der zwei Sehnenenden an der superomedialen Patella und distal der Epiphysenfuge mit Bohrrichtung nach distal (10) © 2016 AGA-Komitee-Knie-Patellofemoral

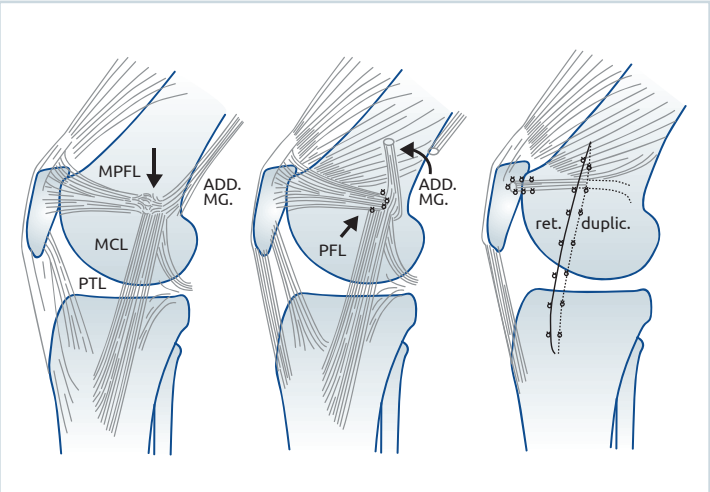


Abb. 22 ▲ Technik zur Patellastabilisierung mit Hilfe der Adduktor-magnus-Sehne (2) © 2016 AGA-Komitee-Knie-Patellofemoral

Periost des medialen Epikondylus refixiert. Als letzter Schritt wird die Sehne des M. adductor magnus über das mediale Retinakulum umgeschwenkt und an der medialen Patella, als Augmentation des MPFL, mit resorbierbaren Fäden genäht (2). Eine weitere Option ist die Sehne durch einen quer durch die Patella von medial nach lateral gebohrten Kanal zu führen und dort zu mit Fäden zu fixieren (12).

5.5. Empfohlene Nachbehandlung

Bis zum Abschluss der Wundheilung ist die Teilbelastung auf 20 kg limitiert. Da die „aperture fixation“ eine sofortige stabile Sehnen-Knochen-Fixierung gewährleistet, können ab dem 1. postoperativen Tag aktive Quadrizepsübungen durchgeführt werden. Des Weiteren ist der Bewegungsumfang Erguss- und Schmerz-adaptiert freigegeben. Nach 6 Wochen kann mit leichten Aktivitäten wie Laufen oder Fahrrad fahren begonnen werden, die volle Aktivität sollte erst nach 3 Monaten erlaubt werden (14).

Im Vergleich dazu wurde bei der Adduktor-magnus-Tenodese zuletzt eine stufenweise Mobilisation beschrieben. Eine Orthesenanpassung für 6 Wochen ist notwendig, eine Vollbelastung erst nach 4 Wochen möglich. Die Orthese wird für zwei Wochen auf 10° Flexion fixiert, danach ist für weitere 2 Wochen eine ROM von E/F 0/0/30° und die letzten 2 Wochen E/F 0/0/60° möglich (12).

Literatur:

(1) Amis, A.A., P. Firer, J. Mountney, W. Senavongse, and N.P. Thomas, Anatomy and biomechanics of the medial patellofemoral ligament. Knee, 2003. 10(3): p. 215-20.

(2) Avikainen, V.J., R.K. Nikku, and T.K. Seppanen-Lehmonen, Adductor magnus tenodesis for patellar dislocation. Technique and preliminary results. Clin Orthop Relat Res, 1993(297): p. 12-6.

(3) Balcarek, P., J. Ammon, S. Frosch, T.A. Walde, J.P. Schuttrumpf, K.G. Ferlemann, H. Lill, K.M. Sturmer, and K.H. Frosch, Magnetic resonance imaging characteristics of the medial patellofemoral ligament lesion in acute lateral patellar dislocations considering trochlear dysplasia, patella alta, and tibial tuberosity-trochlear groove distance. Arthroscopy, 2010. 26(7): p. 926-35.

(4) Baldwin, J.L., The anatomy of the medial patellofemoral ligament. Am J Sports Med, 2009. 37(12): p. 2355-61.

(5) Cofield, R.H. and R.S. Bryan, Acute dislocation of the patella: results of conservative treatment. J Trauma, 1977. 17(7): p. 526-31.

(6) Davies, A.P., M.L. Costa, L. Shepstone, M.M. Glasgow, and S. Donell, The sulcus angle and malalignment of the extensor mechanism of the knee. J Bone Joint Surg Br, 2000. 82(8): p. 1162-6.

(7) Davis, D.K. and D.C. Fithian, Techniques of medial retinacular repair and reconstruction. Clin Orthop Relat Res, 2002(402): p. 38-52.

(8) Hawkins, R.J., R.H. Bell, and G. Anisette, Acute patellar dislocations. The natural history. Am J Sports Med, 1986. 14(2): p. 117-20.

(9) Kepler, C.K., E.A. Bogner, S. Hammoud, G. Malcolmson, H.G. Potter, and D.W. Green, Zone of injury of the medial patellofemoral ligament after acute patellar dislocation in children and adolescents. Am J Sports Med, 2011. 39(7): p. 1444-9.

(10) Ladenhauf, H.N., M.B. Berkes, and D.W. Green, Medial patellofemoral ligament reconstruction using hamstring autograft in children and adolescents. Arthrosc Tech, 2013. 2(2): p. e151-4.

(11) LaPrade, R.F., A.H. Engebretsen, T.V. Ly, S. Johansen, F.A. Wentorf, and L. Engebretsen, The anatomy of the medial part of the knee. J Bone Joint Surg Am, 2007. 89(9): p. 2000-10.

(12) Malecki, K., J. Fabis, P. Flont, and K.R. Niedzielski, The results of adductor magnus tenodesis in adolescents with recurrent patellar dislocation. Biomed Res Int, 2015. 2015: p. 456858.

(13) Schottle, P.B., S.F. Fucentese, and J. Romero, Clinical and radiological outcome of medial patellofemoral ligament reconstruction with a semitendinosus autograft for patella instability. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2005. 13(7): p. 516-21.

(14) Schöttle, P.B., D. Hensler, and A.B. Imhoff, Die direkte anatomische Rekonstruktion des Lig. patellofemorale mediale in Double-bundle-Technik - „aperture fixation“. Arthroskopie, 2008. 21(3): p. 192-195.

(15) Schottle, P.B., J. Romero, A. Schmeling, and A. Weiler, Technical note: anatomical reconstruction of the medial patellofemoral ligament using a free gracilis autograft. Arch Orthop Trauma Surg, 2008. 128(5): p. 479-84.

(16) Schottle, P.B., A. Schmeling, N. Rosenstiel, and A. Weiler, Radiographic landmarks for femoral tunnel placement in medial patellofemoral ligament reconstruction. Am J Sports Med, 2007. 35(5): p. 801-4.

(17) Shea, K.G., N.L. Grimm, J. Belzer, R.T. Burks, and R. Pfeiffer, The relation of the femoral physis and the medial patellofemoral ligament. Arthroscopy, 2010. 26(8): p. 1083-7.

(18) Warren, L.A., J.L. Marshall, and F. Girgis, The prime static stabilizer of the medical side of the knee. J Bone Joint Surg Am, 1974. 56(4): p. 665-74.

6. Die Therapie der instabilen Patella – Dynamische MPFL-Rekonstruktion (Christoph Becher)

Dynamische Rekonstruktionstechniken des medialen patellofemoralen Ligaments (MPFL) sind in der Literatur im Vergleich zu den statischen Techniken eher unterrepräsentiert. Dies mag hauptsächlich an der prinzipiell extraanatomischen Rekonstruktion des MPFL liegen, allerdings bringt die hier in diesem Artikel vorgestellte Technik der dynamischen MPFL-Rekonstruktion mit Versetzung des distalen Gracilis- oder Semitendinosussehnenansatzes an den medialen Patellarand auch mehrere Vorteile mit sich. Da femoral keine Fixierung erfolgen muss, besteht kein Risiko zur Schädigung noch offener Wachstumsfugen bei Kindern und Adoleszenten. Zudem besteht kaum ein Risiko zur Malpositionierung des Transplantates mit dadurch resultierender Überspannung und Erhöhung des retropatellaren Druckes. Dies konnte in biomechanischen Untersuchungen mit aktiver Simulation der Spannung der Semitendinosussehne im Gegensatz zur statischen Rekonstruktion des MPFL nachgewiesen werden. Dabei kam es weder zu einer signifikant vermehrten Medialisierung der Patella noch zu einer retropatellaren Druckerhöhung (1, 2). Weiterhin ist im klinischen Alltag die fehlende Notwendigkeit der Verwendung einer intraoperativen Röntgenbildgebung zur Darstellung der femoralen Insertion vorteilhaft.

Bereits 1959 beschrieb Horst Cotta in seiner Publikation: „zur Therapie der habituellen Patellaluxation“ auch eine Technik von Lanz aus dem Jahre 1904 mit Verpflanzung der Gracilissehne nach Ablösen am Pes anserinus und Tunnelung durch die mediale Kapsel und Fixieren durch Naht an der medialen Patella (3). Diese Beschreibung kann als prototypischer Eingriff und ältester zu recherchierender Bericht einer „dynamischen“ Rekonstruktion des MPFL betrachtet werden.

Die ausführliche Beschreibung und Weiterentwicklung der Technik erfolgte 2007 von Ostermeier et al. Erste klinische Ergebnisse innerhalb eines Jahres nach der Operation waren positiv (4). Kein Patient erlitt eine Reluxation der Patella. Der Kujala-Index (maximal 100 Punkte) stieg durchschnittlich von 59 Punkten präoperativ auf 97 Punkte bei der Nachuntersuchung. Die Technik wurde im Verlauf nochmals von Becher et al. 2013 modifiziert beschrieben (5). In einer retrospektiven Kohortenstudie im Vergleich zur statischen Technik nach Schöttle et al. konnten Becher et al. in ihrer Publikation aus dem Jahre 2014 keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den Verfahren feststellen (6). Entsprechend kann davon ausgegangen werden, dass die hier dargestellte, nochmals modifizierte Technik der dynamischen MPFL-Rekonstruktion eine valide Alternative im Rahmen der zur Verfügung stehenden Optionen darstellt.

6.1 Indikationen zur dynamischen MPFL-Rekonstruktion

Isoliert bei strecknahen Instabilitäten oder kombiniert mit allen sonstigen operativen Therapieformen.

6.2 Kontraindikationen zur dynamischen MPFL-Rekonstruktion

Vorliegen einer neurogenen Instabilität und/oder Störung der ischiokruralen Muskulatur. Z. n. Ersatz des vorderen Kreuzbandes mit Semitendinosus- und Grazilissehne.

Abb. 1 ▲ Distale Absetzung der Grazilissehne, Präparation und Armierung derselben. © 2016 AGA-Komitee-Knie-Patellofemoral

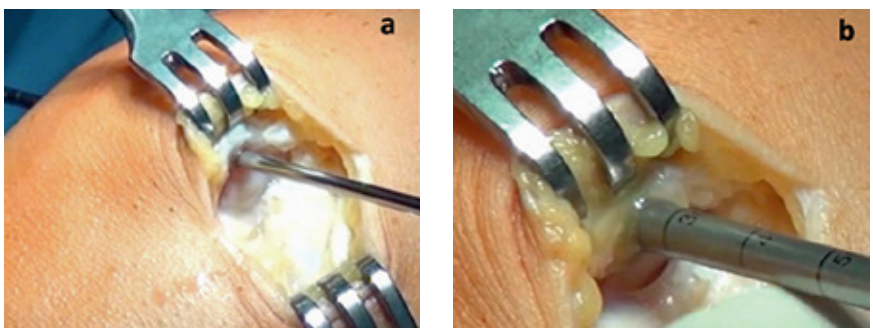


Abb. 2a und **2b** ▲ Transpatellare Bohrung mit einem 2 mm durchmessenden Bohrdraht mit Öse im Zentrum der anatomischen Insertion des MPFL (a). Danach Überbohrung mit einem kanülierten 4,5-mm-Bohrer bis zu einer Tiefe von ca. 20 mm (b). © 2016 AGA-Komitee-Knie-Patellofemoral

6.3 Operative Technik

Die Operation kann in Rückenlage am liegenden oder hängenden Bein durchgeführt werden. Die Verwendung einer Oberschenkel-Blutsperre ist optional. Bei Verwendung ist auf jeden Fall aber darauf zu achten, dass die Blutsperre in max. Flexion aufgepumpt wird um eine Proximalisierung der Patella durch die Kompression des M. Quadrizeps zu vermeiden.

Eine diagnostische Arthroskopie sollte der MPFL-Rekonstruktion vorausgehen. In ca. 80–90° Flexion erfolgt dann nach Palpation des Pes anserinus und 2 cm langer Inzision im Verlauf des Pes-Oberrandes erfolgt die Darstellung der Sartoriusfaszie. Diese wird mit der Schere präpariert und die unter ihr liegende Grazilis- oder Semitendinosussehne identifiziert. Die Grazilis- oder Semitendinosussehne wird so weit wie möglich distal abgesetzt und armiert (◘ **Abb. 1**). Nach Befreiung der Sehne erfolgt die zweite Inzision von ca. 2 – 3 cm Länge am medialen Patellarand. Nach knöcherner Darstellung erfolgt nun im Zentrum der anatomischen Insertion des MPFL eine transpatellare Bohrung mit einem 2 mm durchmessenden Bohrdraht mit Öse (◘ **Abb. 2a**). Dieser Draht wird danach mit einem kanülierten 4,5-mm-Bohrer bis zu einer Tiefe von ca. 20 mm überbohrt (◘ **Abb. 2b**). Unterhalb der Sartoriusfaszie wird nun mit einer Klemme ein Tunnel gefertigt (◘ **Abb. 3a**), die Fadenenden der armierten Sehne werden gefasst (◘ **Abb. 3b**) und nach proximal gezogen. Die inzidierte Faszie dient distal als Umschlagpunkt der Sehne (◘ **Abb. 4**). Falls die Sehnenlänge zur sicheren transpatellaren Fixierung nicht ausreicht, kann die Faszie zur Proximalisierung des Umschlagpunktes weiter inzidiert werden. Nach Einbringen der Fadenenden in die Öse des Bohrdrahtes wird dieser nach lateral transkutan ausgeleitet. Die Sehne wird nun knöchern eingezogen (◘ **Abb. 5a**), mit einer 5,5-mm-Biotenodeseschraube in ca. 30° Knieflexion fixiert (◘ **Abb. 5b**) und der Armierungsfaden medial entfernt.

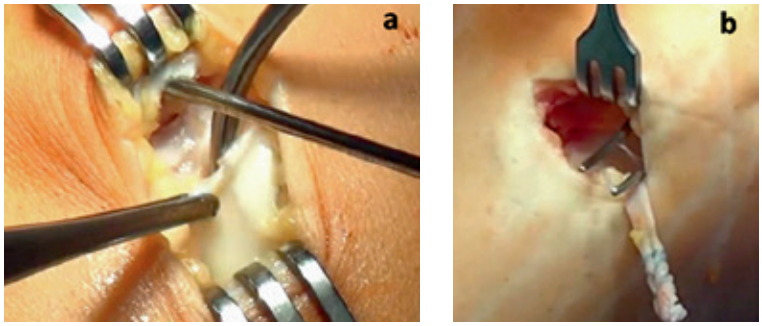


Abb. 3a und **3b** ▲ Unterhalb der Sartoriusfaszie wird nun mit einer Klemme ein Tunnel gefertigt (a), die Fadenenden der armierten Sehne werden gefasst (b) und nach proximal gezogen. © 2016 AGA-Komitee-Knie-Patellofemoral

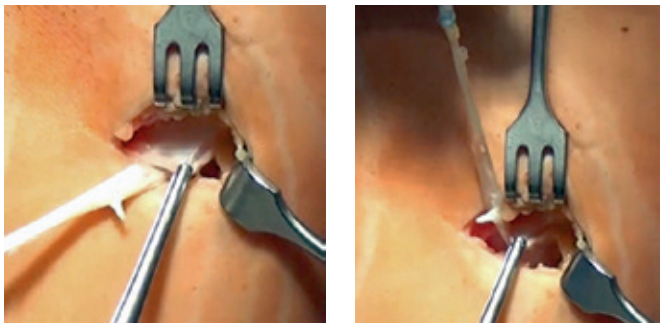


Abb. 4a und **4b** ▲ Die inzidierte Faszie dient distal als Umschlagpunkt der Sehne. © 2016 AGA-Komitee-Knie-Patellofemoral

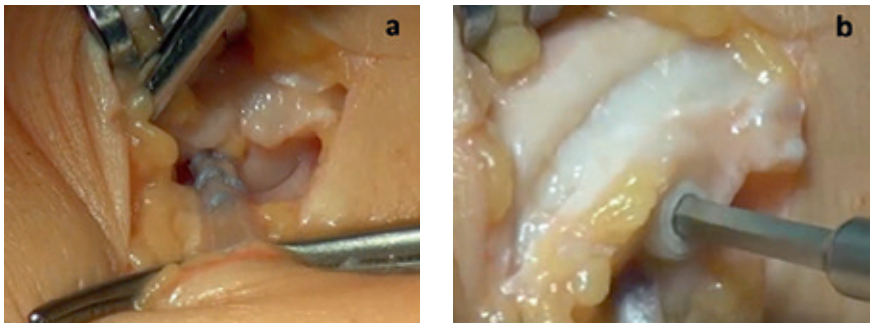


Abb. 5a und **5b** ▲ Die Sehne wird in den vorbereiteten Bohrkanal an der Patella eingezogen (a) und mit einer 5,5-mm-Biotenodeseschraube in ca. 30° Knieflexion fixiert (b). © 2016 AGA-Komitee-Knie-Patellofemoral

Die endgültige Spannung der Sehne adaptiert sich im Verlauf der Rehabilitation selbst.

6.4 Nachbehandlung

- Mobilisation des Beines ab dem 1. postoperativen Tag für 3–4 Wochen mit Abrollbelastung, danach Übergang zur beschwerdeadaptierten Vollbelastung.
- Das Bein darf passiv beschwerdeadaptiert frei bewegt werden, aktiv sollte die Beugung für 6 Wochen untersagt werden, um einen erhöhten Zug auf die transponierte Sehne zu vermeiden.
- 6 Wochen postoperativ: Klinische und radiologische Verlaufskontrolle. Freigabe der vollständigen Belastung und Mobilisation.
- 3 Monate postoperativ: Klinische und radiologische Verlaufskontrolle. Kontrollierter sportlicher Belastungsaufbau (z.B. Laufsport, Radsport, Schwimmsport), wenn die volle Beweglichkeit des Kniegelenks ohne Schmerzen erreicht und die Muskulatur gut gekräftigt ist.
- Kontaktsportarten sowie solche mit hohen Kniebelastungen werden erst 4–5 Monate nach der Operation erlaubt.

Acknowledgement:

Die Weiterentwicklung der Technik erfolgte in Zusammenarbeit mit Prof. Dr. S. Ostermeier (Gelenkklinik Gundelfingen/Freiburg). Die Durchführung der OP und Anfertigung der Bilder erfolgte in Zusammenarbeit mit Dr. L. Hagemann und Dr. F. Goede (Orthopädische Klinik der Medizinischen Hochschule Hannover im Annastift)

Literatur:

(1) Ostermeier S, Holst M, Bohnsack M, Hurschler C, Stukenborg-Colsman C, Wirth CJ. Dynamic measurement of patellofemoral contact pressure following reconstruction of the medial patellofemoral ligament: an in vitro study. Clin Biomech (Bristol, Avon). 2007;22(3):327-35.

(2) Ostermeier S, Holst M, Bohnsack M, Hurschler C, Stukenborg-Colsman C, Wirth CJ. In vitro measurement of patellar kinematics following reconstruction of the medial patellofemoral ligament. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2007;15(3):276-85.

(3) Cotta H. Zur Therapie der habituellen Patellarluxation. Archiv für orthopadische und Unfall-Chirurgie. 1959;51:265-71.

(4) Ostermeier S, Stukenborg-Colsman C, Wirth CJ, Bohnsack M. [Reconstruction of the medial patellofemoral ligament by tunnel transfer of the semitendinosus tendon]. Oper Orthop Traumatol. 2007;19(5-6):489-501.

(5) Becher C, Schöttle P, Ostermeier S. Das vordere Knieschmerzsyndrom – Teil 2: Konservative und operative Therapie. Orthopädie und Unfallchirurgie up2date. 2013;8:199-222.

(6) Becher C, Kley K, Lobenhoffer P, Ezechieli M, Smith T, Ostermeier S. Dynamic versus static reconstruction of the medial patellofemoral ligament for recurrent lateral patellar dislocation. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2014;22(10):2452-7.

7. MPFL – Rekonstruktion mit Quadricepssehnenstreifen und Transfer der Sehne des Musculus adductor magnus

(René Attal, Michael Liebensteiner)

Die Rekonstruktion des medialen patellofemoralen Ligaments (MPFL) kann auch mittels Quadricepssehnen-Autograft bzw. mittels Transfer der Sehne des Musculus adduktor magnus erfolgen. Beide Techniken können primär eingesetzt werden, sind darüber hinaus aber auch gut für einen Revisionsfall einer fehlgeschlagenen MPFL-Rekonstruktion mit Gracilissehne geeignet. Beide vorgestellten Techniken sind besonders im Fall einer Versorgung bei offenen Wachstumsfugen geeignet, da auf ein Implantat im Bereich der Wachstumsfuge verzichtet werden kann, bzw. kein Implantat im Bereich der femoralen Wachstumsfuge zu liegen kommt.

7.1 Evidenz-basierte Bewertung der MPFL-Rekonstruktion mit Quadricepssehne

Zur evidenzbasierten Beurteilung der MPFL-Rekonstruktion mit Quadricepssehne wäre es ideal entsprechende prospektive Vergleichsstudien vorweisen zu können (z.B. Quadricepssehne vs. andere Technik). Eine Pubmed-Literaturanalyse mittels „medial AND patellofemoral AND ligament AND reconstruction AND quadriceps“ (62 Treffer am 12.10.15) ergab allerdings, dass aktuell hierzu lediglich Fallserien und „technical notes“ vorliegen (bzw. Kombinationen aus beiden Typen) (1-11).

Diverse Fallserien (1, 3-5, 8, 11) (Evidenzlevel 4) berichten über die Verwendung eines „partial-thickness“ Quadriceps-Streifens welcher femoral meist mittels Interferenzschraube und gelegentlich auch mittels Fadenanker befestigt wird. Diese Studien beziehen sich auf die Ergebnisse von 14 bis 32 Patienten-Versorgungen und berichten von durchschnittlichen Nachuntersuchungszeiträumen von 24 – 42 Monaten. Sämtliche Autoren kommen zu dem Schluss, die MPFL-Rekonstruktion mit Quadricepssehne führe zu einem guten Ergebnis hinsichtlich Scores (meist Kujala oder Lysholm) und Reluxationsereignissen. Besonders hervorgehoben wird in diesen Arbeiten, dass die Quadriceps-Technik bezüglich Outcome mit den „klassischen“ Hamstrings-Techniken vergleichbar sei, jedoch ohne Komplikationen im Bereich der Patella-Tunnel zu verursachen (4). Zusätzlich sei die Quadriceps-Technik besonders für Revisionsfälle geeignet, da auf eine patelläre Fixation verzichtet werden kann und somit Probleme mit vorbestehenden Bohrkanälen vermieden werden können (3). Auch kann das Risiko einer Patellafraktur bei sehr kleinen Patellae vermieden werden.

Die Quadricepssehne rückte in den letzten Jahren in den Fokus des Interesses, da sie sowohl bezüglich ihrer biomechanischen Eigenschaften, als auch durch die dünne und flächige Entnahmemöglichkeit dem originären MPFL näher kommt, als eine Hamstringsehne.

7.2 Evidenz-basierte Bewertung der MPFL-Rekonstruktion mit Adduktor-Magnus-Sehne

Studien zur MPFL-Rekonstruktion mit Adduktor-Magnus-Sehne sind noch spärlicher verfügbar. Eine Pubmed-Literatursuche mittels „medial AND patellofemoral AND ligament AND reconstruction AND adductor“ liefert (22 Treffer am 13.10.15) lediglich 5 relevante Artikel (1 „technical note“, 2 Fallserien, 1 retrospektive Vergleichsstudie und eine Kadaverstudie) (12-16).

Die beiden Fallserien berichten von 14 bzw. 39 Fällen mit einem durchschnittlichen Nachuntersuchungszeitraum von 6,9 bzw. 2,6 Jahren. Die Autoren beschreiben ein gutes Ergebnis in Hinblick auf Knie-Scores (Lysholm bzw. Kujala) und Reluxationen. Die patelläre Fixation erfolgte in einem Fall „weichteilig“ und im anderen Fall mittels transossären Nähten (12, 14) . Hervorzuheben ist die einzige Vergleichsstudie zum Thema MPFL-Rekonstruktion mittels Adduktor-Magnus-Sehne (15). Die Autoren vergleichen 18 MPFL Rekonstruktionen mittels Adduktor-Magnus-Sehne mit 29 Roux-Goldwaith Prozeduren (partielle Transposition der Patella-Sehnen Insertion) hinsichtlich Kujala-Score, Bewegungsumfang und Reluxationsrate nach 10 Jahren. Für die genannten Outcome – Parameter wurden keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen festgestellt. Allerdings zeigten sich tendenziell häufiger degenerative Veränderungen in der Roux-Goldwaith – Gruppe.

7.3 Bevorzugte Technik der Autoren: MPFL-Rekonstruktion mit Quadriceps-Sehne

Eine genaue Beschreibung der operativen Technik wurde von Lenschow et al 2015 vorgelegt (17). Entnommen wird die zentrale Quadrizepssehne als „partial-thickness“ Graft (oberflächlicher Sehnenanteil) welches in geeigneter Länge proximal abgesetzt wird. Dies kann entweder über eine Längsinzision erfolgen oder über eine kurze Querinzision, wenn ein geeignetes Stripping-Instrumentarium vorhanden ist. Gerade bei jüngeren PatientInnen kann eine Längsinzision zu kosmetisch sehr unbefriedigenden Ergebnissen führen. Wir empfehlen daher die Verwendung

eines minimalinvasiven Entnahmesets (Fa. Storz). Das Entnahmeset ermöglicht die kontrollierte Entnahme eines 3 mm dicken und 10 mm breiten Streifens definierter Länge (meist 8 cm) (◘ **Abb. 1a**). Die Sehne wird nun durch einen Tunnel im präpatellären Gewebe nach medial geschwenkt und mit Fäden gegen ein Weiterreißen an der Patella gesichert (◘ **Abb. 1b**). In der Schicht unter dem Vastus medialis obliquus wird die Sehne mittels Shuttlefäden zum femoralen Insertionspunkt (Schöttle-Punkt) durchgezogen und dort mit einer bioresorbierbaren Interferenzschraube gesichert (◘ **Abb. 2**). Alternativ ist die Verwendung eines Fadenankers oder im Falle offener Wachtumsfugen, auch eine Vernähung im Weichteilgewebe möglich.

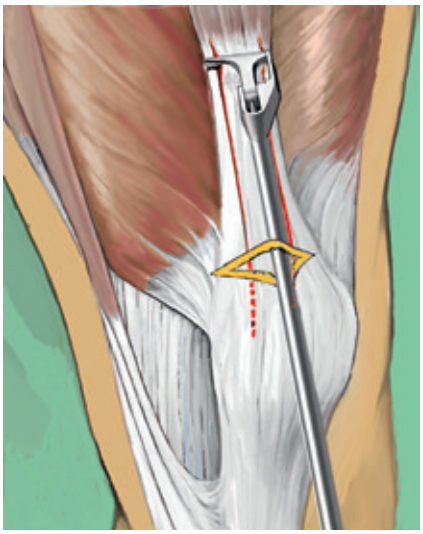


Abb. 1a ▲ Minimalinvasive Entnahme des Quad-Streifens mit speziellem Entnahmeinstrument. Mit Erlaubnis des Springerverlags, License Number: 3793690143883

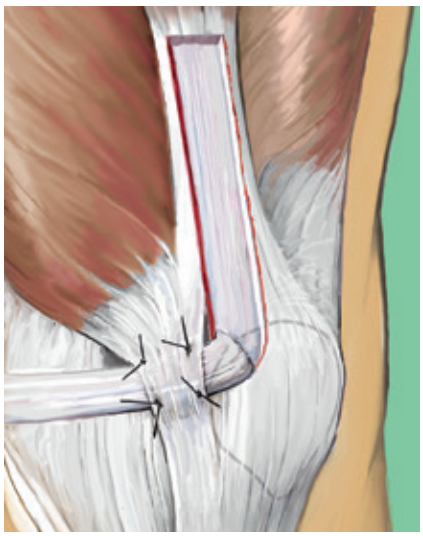


Abb. 1b ▲ Nach Untertunnelung im medialen parapatellaren Gewebe Sicherung des Streifens mit resorbierbaren Einzelknopfnähten. Mit Erlaubnis des Springerverlags, License Number: 3793690143883

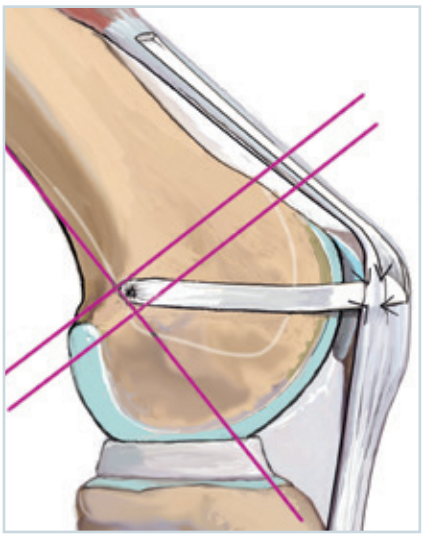


Abb. 2 ▲ Fixation am Schöttle Punkt. Es kann eine Interferenzschraube oder ein Fadenanker verwendet werden. Bei offenen Wachtumsfugen können lediglich Nähte zum Einsatz kommen. Mit Erlaubnis des Springerverlags, License Number: 3793690143883

7.4 Bevorzugte Technik der Autoren: MPFL-Rekonstruktion mit Adduktor-Magnus-Sehne

Planung einer ca. 10 cm langen Inzision auf halber Strecke zwischen Patella und Epicondylus medialis (◘ **Abb. 3**). Nach scharfer Durchtrennung der Subkutis Darstellung der Faszie des M. vastus medialis. Der Muskel wird nach posterior dargestellt und die Adduktor Magnus-Insertion am Tuberculum Adductorium aufgesucht. Die Sehne wird dann im Sinne eines medialen Subvastus-Zugangs nach proximal auf der gewünschten Länge dargestellt. Aufgrund der Nahebeziehung zur Arteria femoralis superficialis (◘ **Abb. 4**) (Adduktorenkanal) sollte die Sehne unter Sicht abgesetzt werden. Bevorzugt wird unsererseits eine Entnahme nur der medialen 2/3 der Breite der Sehne (16) (◘ **Abb. 5** und **Abb. 6**). Nach dem Absetzen proximal wird die Insertion am Tuberculum Adductorium noch mit dem Skalpell von proximal kommend nach distal weiter verfolgt. Hier wird die Sehne bis zum periostalen Ansatz dargestellt, um einen möglichst anatomischen Umschlagpunkt (nahe an Insertion des MPFL) zu erzielen. Nach Erreichen der gewünschten femoralen Präparation kann eine weichteilige Nahtfixation erfolgen, um ein Weiterreißen zu verhindern. Nach Unterminierung des Vastus medialis (◘ **Abb. 7**) und Transport der Sehne zur Patella zwischen 2. und 3. Schicht (in der Schicht des gerissenen MPFL) erfolgt die Fixation am superomedialen Patellarand zum Beispiel mit Fadenankern (16). Es kann jedoch auch ein Bohrkanal angelegt (◘ **Abb. 8**) und die Fäden der angeschlungenen Sehne nach lateral ausgezogen werden (◘ **Abb. 9a** und **Abb. 9b**). Es kann dadurch die Spannung der Sehne individuell angepasst werden und schließlich mit einer Interferenzschraube fixiert werden (◘ **Abb. 10** und **Abb. 11**).

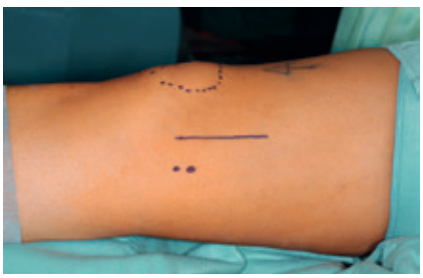


Abb. 3 ▲ Zugang mit Landmarks © 2016 AGA-Komitee-Knie-Patellofemoral

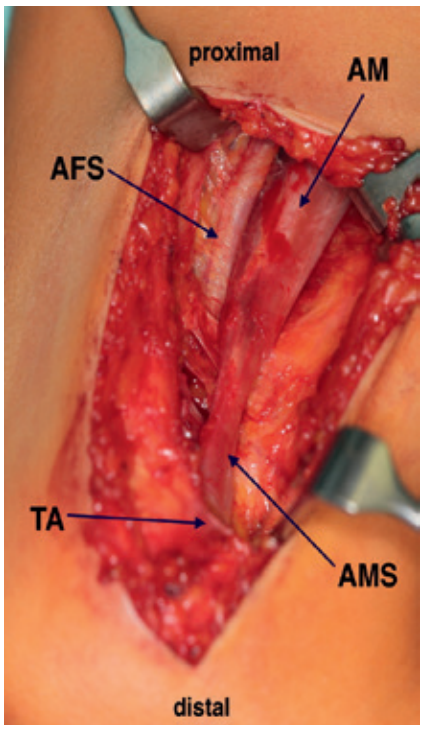


Abb. 4 ▲ Nahebeziehung der Adduktor Magnus Sehne (AMS) zur Arteria Femoralis Superficialis (AFS). (TA: Tuberculum adductorium; AM: Adductor magnus) © 2016 AGA-Komitee-Knie-Patellofemoral

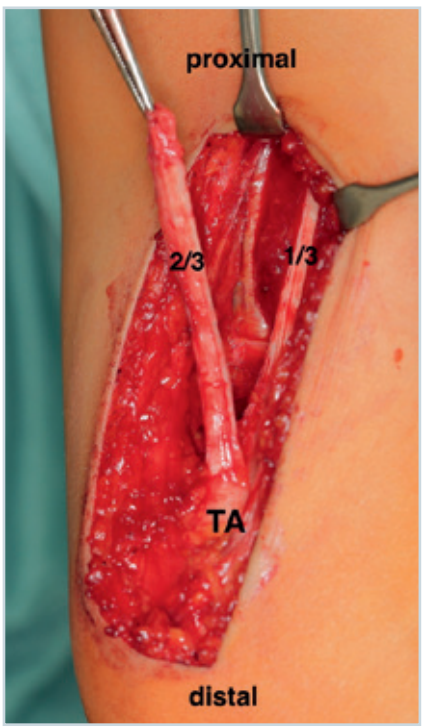


Abb. 5 ▲ Proximal abgesetzte Adduktor-Magnus-Sehne (2/3 Breite). Ein Teil der Sehne bleibt bestehen. (TA: Tuberculum adductorium) © 2016 AGA-Komitee-Knie-Patellofemoral

7.5 Nachbehandlung beider beschriebener Techniken

Patella zentrierende Kniegelenksorthese 0-0-90° für 6 Wochen. Abrollende Mobilisation mit 20 kg für 2 Wochen, dann rascher Übergang zur Vollbelastung. Beginn mit Kryotherapie am Operationstag und über 2 Tage postoperativ. In der frühen postoperativen Phase sind Lymphdrainagen sinnvoll. Das Hauptaugenmerk liegt auf Abschwellung und Erhaltung der Beweglichkeit. Ab der 4. Woche erfolgt verstärktes Muskel-, Beweglichkeits- und Propriozeptionstraining.

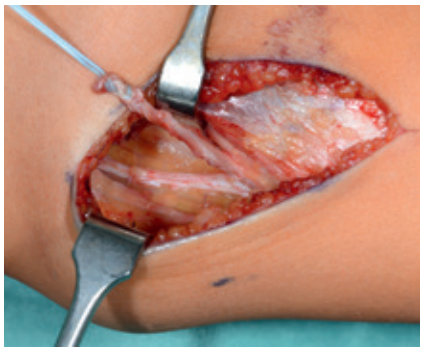


Abb. 6 ▲ Situs mit Entnahme des medialen Anteils der Adduktorsehne
© 2016 AGA-Komitee-Knie-Patellofemoral

Abb.7 ▲ Untertunneln des Vastus medialis zwischen 2. und dritter Schicht © 2016 AGA-Komitee-Knie-Patellofemoral

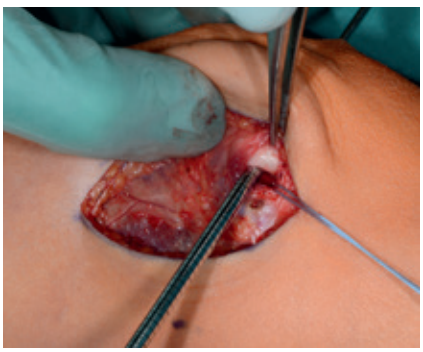


Abb. 8 ▲ Platzierung eines Kirschnerdrahtes mit Öse in der Mitte der anatomischen MPFL Insertion, welcher anschließend 20-25 cm überbohrt wird. © 2016 AGA-Komitee-Knie-Patellofemoral

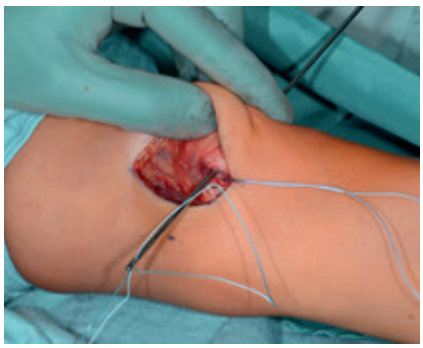


Abb. 9a und Abb. 9b ▲ Fadenmanagement : Nach Platzierung eines Kirschnerdrahtes werden die Shuttle-Faden nach lateral ausgezogen. Die korrekte Spannung der Fixation kann vor der Fixation so in 30 Grad Beugung eingestellt werden. Der laterale Rand der Patella soll bündig mit dem lateralen Trochlearand verlaufen. © 2016 AGA-Komitee-Knie-Patellofemoral

Abb. 10 ▲ Platzierung eines Kirschnerdrahtes mit Öse in der Mitte der anatomischen MPFL Insertion, welcher anschließend 20-25 cm überbohrt wird. © 2016 AGA-Komitee-Knie-Patellofemoral

Abb. 11 ▲ Finaler Situs nach Adduktor Magnus transfer © 2016 AGA-Komitee-Knie-Patellofemoral

7.6 Anwendbarkeit beider Techniken bei offenen Wachstumsfugen / beim jungen Patient

Die *MPFL Rekonstruktion mit Quadriceps-Sehne* bietet den Vorteil des vollständigen Verzichts auf Fixationen an der Patella. Fälle von Patellafrakturen bei Bagatellstürzen sind bei Verwendung zweier Bohrkanäle in der Patella aufgetreten. Das Graft wird an der Patella lediglich geschwenkt und gegen ein Weiterreißen mit Fäden weichteilig gesichert. Der vollständige Verzicht auf Tunnel oder andere ossäre Fixationen an der Patella kann besonders bei sehr kleiner Statur / sehr kleiner Patella ein entscheidender Vorteil sein.

Hinsichtlich der femoralen Fixation muss jedoch auch bei der MPFL-Rekonstruktion mit Quadriceps-Sehne auf das Schonen der Wachstumsfuge geachtet werden (◘ **Abb. 12**).

Die *MPFL Rekonstruktion mit Adduktor-Magnus-Sehne* bietet den entscheidenden Vorteil, dass die Problematik der femoralen Wachstumsfuge nicht gegeben ist. Die Adduktor-Magnus-Sehne wird an der femoralen Insertion belassen und bei Bedarf lediglich gegen ein Weiterreißen mit Fäden gesichert. Diese Tatsache wird von den Autoren als entscheidender Vorteil gegenüber anderen Techniken (zb. Tunnel in unmittelbarer Nachbarschaft der Wachstumsfuge) gesehen. Patellär sollte eine der Patellagröße und –dicke angepasste Fixation gewählt werden.

Abb. 12 ▲ Femorale Fixation unter Schonung der Wachstumsfuge © 2016 AGA-Komitee-Knie-Patellofemoral

Literatur:

(1) Dopirak R, Adamany D, Bickel B, Steensen R. Reconstruction of the medial patellofemoral ligament using a quadriceps tendon graft: a case series. Orthopedics. Mar 2008;31(3):217.

(2) Fink C, Veselko M, Herbort M, Hoser C. Minimally invasive reconstruction of the medial patellofemoral ligament using quadriceps tendon. Arthroscopy techniques. Jun 2014;3(3):e325-9.

(3) Fink C, Veselko M, Herbort M, Hoser C. MPFL reconstruction using a quadriceps tendon graft: part 2: operative technique and short term clinical results. The Knee. Dec 2014;21(6):1175-9.

(4) Goyal D. Medial patellofemoral ligament reconstruction: the superficial quad technique. The American journal of sports medicine. May 2013;41(5):1022-9.

(5) Lenschow S, Herbort M, Fink C. [Medial patellofemoral ligament reconstruction using quadriceps tendon]. Operative Orthopadie und Traumatologie. Aug 22 2015.

(6) Macura M, Veselko M. Simultaneous reconstruction of ruptured anterior cruciate ligament and medial patellofemoral ligament with ipsilateral quadriceps grafts. Arthroscopy : the journal of arthroscopic & related surgery : official publication of the Arthroscopy Association of North America and the International Arthroscopy Association. Sep 2010;26(9):1258-62.

(7) Nelitz M, Williams SR. Anatomic reconstruction of the medial patellofemoral ligament in children and adolescents using a pedicled quadriceps tendon graft. Arthroscopy techniques. Apr 2014;3(2):e303-8.

(8) Nelitz M, Williams SR. [Combined trochleoplasty and medial patellofemoral ligament reconstruction for patellofemoral instability]. Operative Orthopadie und Traumatologie. Sep 25 2015.

(9) Noyes FR, Albright JC. Reconstruction of the medial patellofemoral ligament with autologous quadriceps tendon. Arthroscopy : the journal of arthroscopic & related surgery : official publication of the Arthroscopy Association of North America and the International Arthroscopy Association. Aug 2006;22(8):904 e1-7.

(10) Steensen RN, Dopirak RM, Maurus PB. A simple technique for reconstruction of the medial patellofemoral ligament using a quadriceps tendon graft. Arthroscopy : the journal of arthroscopic & related surgery : official publication of the Arthroscopy Association of North America and the International Arthroscopy Association. Mar 2005;21(3):365-70.

(11) Vavalle G, Capozzi M. Isolated reconstruction of the medial patellofemoral ligament with autologous quadriceps tendon. Journal of orthopaedics and traumatology : official journal of the Italian Society of Orthopaedics and Traumatology. Sep 19 2015.

(12) Avikainen VJ, Nikku RK, Seppanen-Lehmonen TK. Adductor magnus tenodesis for patellar dislocation. Technique and preliminary results. Clinical orthopaedics and related research. Dec 1993(297):12-6.

(13) Jacobi M, Reischl N, Bergmann M, Bouaicha S, Djonov V, Magnussen RA. Reconstruction of the medial patellofemoral ligament using the adductor magnus tendon: an anatomic study. Arthroscopy : the journal of arthroscopic & related surgery : official publication of the Arthroscopy Association of North America and the International Arthroscopy Association. Jan 2012;28(1):105-9.

(14) Malecki K, Fabis J, Flont P, Niedzielski KR. The results of adductor magnus tenodesis in adolescents with recurrent patellar dislocation. BioMed research international. 2015;2015:456858.

(15) Sillanpaa P, Mattila VM, Visuri T, Maenpaa H, Pihlajamaki H. Ligament reconstruction versus distal realignment for patellar dislocation. Clinical orthopaedics and related research. Jun 2008;466(6):1475-84.

(16) Sillanpaa PJ, Maenpaa HM, Mattila VM, Visuri T, Pihlajamaki H. A mini-invasive adductor magnus tendon transfer technique for medial patellofemoral ligament reconstruction: a technical note. Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy : official journal of the ESSKA. May 2009;17(5):508-12.

(17) Lenschow S, Herbort M, Fink C. [Medial patellofemoral ligament reconstruction using quadriceps tendon]. Operative Orthopadie und Traumatologie. Dec 2015;27(6):474-83.

8. Komplikationsmanagement nach MPFL-Rekonstruktion
(Florian Dirisamer)

Bedingt durch die Entwicklungen der letzten Jahre wurde das patellofemorale Gelenk wieder mehr in den Fokus gerückt. Es wurde wieder zum Thema und hat in der Fachwelt das ihm gebührende Interesse gewonnen. Bessere biomechanische Kenntnisse haben zur Entwicklung neuer Behandlungsmethoden geführt und einer wesentlich differenzierteren Betrachtung der Thematik Patellainstabilität den Weg geebnet. So ist das Spektrum an operativen Methoden heute wesentlich breiter als noch vor 10 Jahren, die klinische und bildgebende Diagnostik wurde aber auch komplexer.

Der Wissenszuwachs der letzten Jahre hat die Therapieentscheidungen auch aufwändiger gemacht. Gültige Algorhythmen wurden immer wieder revidiert – man musste teilweise auch erkennen, daß – gerade bei der Patellainstabilität – die Fälle so individuelle Pathologien aufweisen können, daß sie in keinem allgemein gültigen Therapieschema abgebildet werden können. Die Erkenntnis, daß nur die fallspezifische Analyse von Risikofaktoren und das Erfassen der pathobiomechanischen Faktoren, die die Kniescheibe luxieren lassen zum Erfolg führen können, hat maßgeblichen Anteil am Erfolg der modernen Instabilitätschirurgie. Eine detaillierte fachliche Auseinandersetzung gerade bei komplexen Ausgangssituationen ist unumgänglich und erfordert zum Teil auch eine gewisse Spezialisierung um korrekte Analysen anzustellen und individuelle Therapiepläne zu erarbeiten. Nach wie vor ist es – neben chirurgisch technischen Problemen – immer noch die mangelnde Fallanalyse die zum Versagen einer Kniescheibenstabilisierung führt. Das Identifizieren von individuellen Risikofaktoren, deren Wichtung, die Wahl oder Kombination von geeigneten Operationstechniken und deren korrekte Umsetzung sind die Basis jeder erfolgreichen Therapie bei Patellaluxation.

Komplikationen nach MPFL-Rekonstruktion

Das mediale patellofemorale Ligament (MPFL) ist der wichtigste passive Stabilisator der Kniescheibe. Es wird bei praktisch jeder Patella-Erstluxation verletzt (2, 13), wodurch sich ein erhöhtes Risiko für Reluxationen erklärt. Seine Hauptfunktion hat das MPFL strecknahe (bis ca. 40°) (1, 5, 7, 10). Für detaillierte biomechanische und anatomische Informationen sei auf das Kapitel Anatomie und Biomechanik in der Publikation Untersuchungstechniken/ Diagnostik des Patellofemoralgelenkes des AGA-Komitees Knie-patellofemoral hingewiesen.

Die MPFL-Rekonstruktion ist derzeit die zweifellos am häufigsten durchgeführte Operationsmethode zur Behandlung der Kniescheibeninstabilität. Aufgrund der biomechanischen Funktion ist die MPFL-Plastik auch ohne Zweifel die wichtigste Technik und zumindest ein Bestandteil quasi jeder Patellastabilisierung. Eine Universallösung für die Versorgung jeder Patellaluxation, unabhängig von den vorliegenden Risikofaktoren ist sie jedoch sicher nicht.

Die Rekonstruktion des medialen patellofemoralen Ligamentes wird – teils auch von der Industrie – als einfach durchzuführende Technik dargestellt. Dem gegenüber steht eine inakzeptabel hohe Komplikations- und Revisionsrate, deren Ursachen genau analysiert werden müssen.

In ihrer Metaanalyse berichten Shah und Mitarbeiter über 164 Komplikationen bei 629 Patienten was einer Komplikationsrate von 26,1% entspricht (12). Es werden dabei minor und major Komplikationen unterschieden. Zu den weniger schwerwiegenden werden verzögerte Wundheilung (1,3%), geringe Restschmerzen (2,4%) sowie symptomatisches Fixationsmaterial (3%) gezählt. Als schwerwiegend werden persistierende Instabilität (8,3%), starker Schmerz (5,4%), Bewegungseinschränkung (3,5%) die Patellafraktur (0,6%) und der Infekt (0,8%) gewertet.

8.1 Chirurgisch-technische Komplikationen

Wundheilungsstörungen und Infekte nach MPFL Plastik liegen im Bereich der Kreuzbandplastiken und können als schicksalshaft und nur in geringem Ausmaß beeinflussbar angesehen werden. Jedoch liegt der Hauptteil der regelmäßig auftretenden Komplikationen und Revisionsursachen im Bereich der technischen Fehler, welche somit weitgehend vermeidbar wären (8, 14). Die Wahl der Operationstechnik und deren korrekte Ausführung sind hier entscheidend.

8.1.1 persistierender Schmerz und Bewegungseinschränkung

Das MPFL ist während der Kniebewegung nicht gleichmässig angespannt, so dass die Rekonstruktion sich nicht an der Isometrie ausrichtet. Die MPFL-Plastik gilt somit als anatomische Operationstechnik. Bei der Rekonstruktion ist also die Beachtung der anatomischen Landmarken zur Fixation des gewählten Transplantates sowohl patellär (proximale Hälfte) als auch femoral essentiell. Gerade Abweichungen der femoralen Bohrkanalposition können massive Auswirkungen auf die Gelenksmechanik haben und für die postoperativen Symptome Schmerz und Bewegungseinschränkung maßgeblich sein (4).

Für das Aufsuchen der anatomischen femoralen Insertion ist ein streng seitlich eingestelltes intraoperatives Röntgen unverzichtbar. Die Methode nach Schöttle hat sich dabei zum Standard etabliert und wurde von anderen Autoren bestätigt (9, 11). Schon geringe Abweichungen vom streng seitlichen Strahlengang können dabei beträchtliche Fehlpositionen bedingen. Eine entsprechende Dokumentation der Bohrkanalposition ist zur Qualitätssicherung unbedingt durchzuführen.

Infobox (◘ Abb. 1):

Bei physiologischer femoraler Insertion werden die biomechanischen Verhältnisse weder in Beugung noch in Streckung verändert, die Patella ist über den gesamten ROM stabil.

Liegt eine Fehlpositionierung vor, zeigt die Praxis, daß der femorale Kanal meist zu weit ventral und proximal angelegt wird. Das hat für die Funktion des patellofemoralen Gelenkes immense Auswirkungen. Ist die Spannung des Transplantates strecknahe optimal eingestellt, kommt es bedingt durch den Rollgleitmechanismus des Kniegelenkes, zu einer relativen Dorsalverschiebung der femoralen Insertion. Dadurch entsteht eine verstärkte Transplantatspannung in Flexion, was zur Erhöhung der patellofemoralen Drücke führt (4). Der Patient merkt das klinisch bereits recht rasch postoperativ durch eine schmerzhafte Flexionsbehinderung. Fällt die Flexionseinschränkung schon intraoperativ auf und wird die Transplantatspannung dementsprechend reduziert, kann damit zwar das Problem in Beugung behoben werden, es resultiert aber eine strecknahe (Rest-)Instabilität.

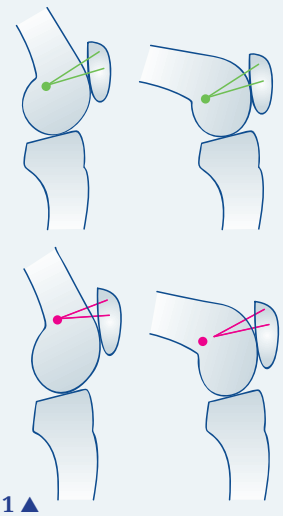


Abb. 1 ▲

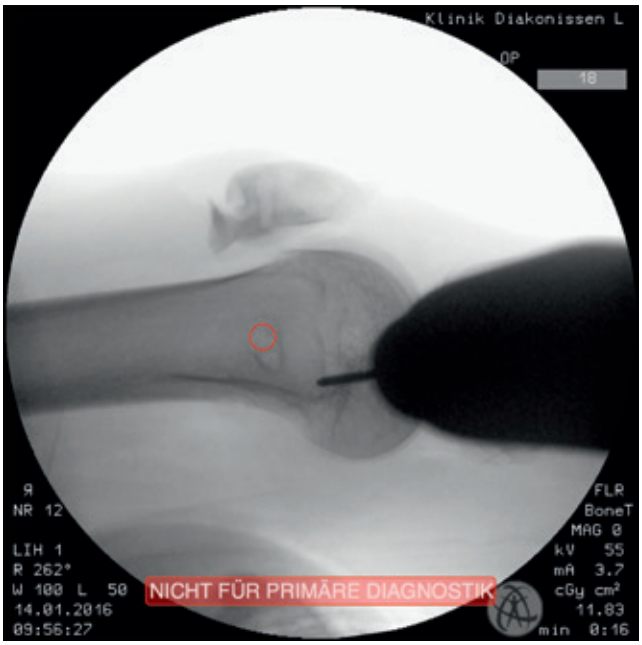


Abb. 2 ▲ Im intraoperativen seitlichen Röntgen kommt die pathologische primäre Bohrkanalposition im Vergleich zur anatomisch korrekten gut zur Darstellung. Bei ausreichend großem Abstand kann eine einzeitige Revision mit Bohrkanalneuanlage durchgeführt werden.
© 2016 AGA-Komitee-Knie-Patellofemoral

8.1.2 persistierende Instabilität

Die postoperativ verbleibende Instabilität muss als besonders schwerwiegende Komplikation eingestuft werden, ist damit doch das Operationsziel klar verfehlt. In der Revisionsplanung und Fehleranalyse zeigen sich auffallend oft Fälle einer anamnestisch zwar initialen Stabilität aber mit Schwierigkeiten schmerzfrei flektieren zu können. Diese Patienten berichten regelmässig über ein Überspannungsgefühl in Flexion in der früh postoperativen Phase bis relativ plötzlich die freie Flexion erreicht werden kann, aber simultan wieder Instabilitätssymptome auftreten. Diese sekundäre Re-Instabilität ist häufig durch die oben beschriebene femorale Bohrkanalmalposition begründet. Es kommt dabei zu einem kurz- bis mittelfristigen Versagen der patellären oder femoralen Fixation bedingt durch unphysiologischen Spannungsverhältnisse des Transplantates (◘ **Abb. 2**).

Revisionstechnik bei Bohrkanal-Malposition

Bei der Revision dieses Szenarios gilt es durch Re-Positionierung der femoralen Insertion physiologische Verhältnisse herzustellen und die stabile Verankerung des Transplantates wieder sicherzustellen. Im Idealfall gelingt dies mit dem bereits verwendeten Graft, das aus dem femoralen Kanal wieder herausgelöst werden kann. Bei sehr kurzen oder rupturierten Transplantaten muss auf alternative Operationstechniken (z.B. Gracilissehne von der Gegenseite, Quadricepssehnenstreifen oder Fascia lata) ausgewichen werden. Die femorale Fixation kann in der Regel auch bei Revisionen mit Interferenzschrauben durchgeführt werden, eine extrakortikale Backup-Fixation z.B. mit einem Suture-Button kann sinnvoll sein. Zur Vermeidung patellärer Verankerungsprobleme bei Ankerversagen oder Bohrkanalerweiterung bietet sich zum Beispiel eine patellär gestielte Quadrizeps-Flip-Technik an, die ohne Fixationsmaterial auskommt (◘ **Abb. 3a** und **Abb. 3b**).

8.1.3 Patellafraktur

Patellafrakturen als Komplikation nach MPFL-Rekonstruktion sind mit etwa 0,6% insgesamt selten (12). Sie sind aber besonders problematisch, da die Fraktur das Ergebnis der MPFL-Rekonstruktion mitunter gefährden kann. Darüber hinaus verhindert eventuelles Sehnen- und Implantatmaterial in der Patella möglicherweise eine optimale Reposition und Heilung der Fraktur. Durch optimale operative Techniken (siehe unten) kann das Risiko für postoperative Frakturen verringert werden (3). Naturgemäß kann das Frakturrisiko durch Techniken ohne patelläre Kanäle (z.B. Quadriceps-Flip) verringert werden.

Die klinische Beobachtung zeigt, daß auch bei Patellafrakturen regelmäßig femorale Bohrkanal-Malpositionen vorliegen. Die höheren Kräfte, die dadurch in Beugung auftreten (wie oben beschrieben), können dabei Anteil an

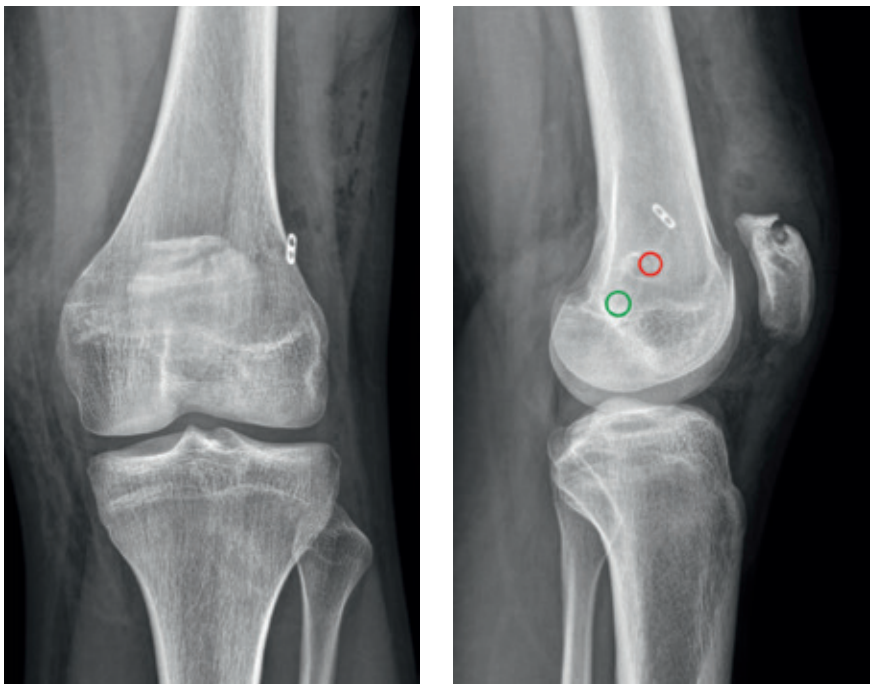


Abb. 3a und **Abb. 3b** ▲ Sekundäres Versagen der patellären Fixation bei femoraler Bohrkanalmalposition. Trotz der nicht optimalen Röntgeneinstellung (Ab- bzw. Adduktion nicht korrekt eingestellt und daher definitionsgemäß kein streng seitliches Röntgenbild) ist die Malposition der Primäroperation (roter Kreis) klar erkennbar. Bei der Revision wurde die femorale Insertion korrigiert (grüner Kreis). Neben der Interferenzschraubenfixation wurde eine Backup-Fixation mit extrakortikalem Titanplättchen durchgeführt. Aufgrund der klinischen Situation mit ausschließlich strecknaher Instabilität wurde die am seitlichen Bild zu erkennende milde Trochleadysplasie nicht adressiert. © 2016 AGA-Komitee-Knie-Patellofemoral

überlastungsinduzierten Frakturen ohne adäquates Trauma haben (◘ Abb. 4).

Bei Operationstechniken, die patelläre Tunnel erfordern, gilt es einige Dinge zu beachten. Wir empfehlen unbedingt die Vermeidung von bicorticalen langen Tunneln. Sacklochtechniken mit möglichst dünnem Bohrlochdurchmesser (max. 4,5mm) ist der Vorzug zu geben. Die Bohrrichtung sollte nicht zu tangential gewählt werden um oberflächliche Ausbrüche zu vermeiden und um die Cortikalis nicht unnötig zu schwächen. Die von medial proximal nach lateral distal deszendierende Bohrkanalanlage hat sich dabei in der Praxis bewährt (◘ Abb. 5). Trotz aller Vorsicht sollte eine zu aggressive Mobilisation in der frühen postoperativen Phase vermieden werden.

8.1.4 Symptomatisches Fixationsmaterial

Die Häufigkeit von implantatassoziierten Komplikation wird mit 3% angegeben. Vor allem persistierende Schmerzen im Bereich der femoralen MPFL-Insertion treten regelmäßig postoperativ auf. Von einem physiologischen postinterventionellen Zustand, der zeitlich limitiert ist, muß hier die materialbedingte Komplikation differenziert werden. Überstehende Interferenzschrauben können hier immer wieder als ursächlich identifiziert werden. Nachdem speziell bei minimalinvasiven Operationstechniken die Schraubenlage palpatorisch oft nur unzureichend beurteilbar ist, empfiehlt sich im Zweifel die Röntgenkontrolle zur Vermeidung dieser Komplikation. Neben der lokalen Irritation, muss auch an eine möglicherweise insuffiziente Fixation des Transplantates gedacht werden.

Neben der mechanischen Irritation bei Fehllage, kann auch vom Implantat direkt ein Problem ausgehen. Die entzündlichen Resorptionscysten bei Verwendung von bioresorbierbaren Schrauben sind aus der Kreuzbandchir-

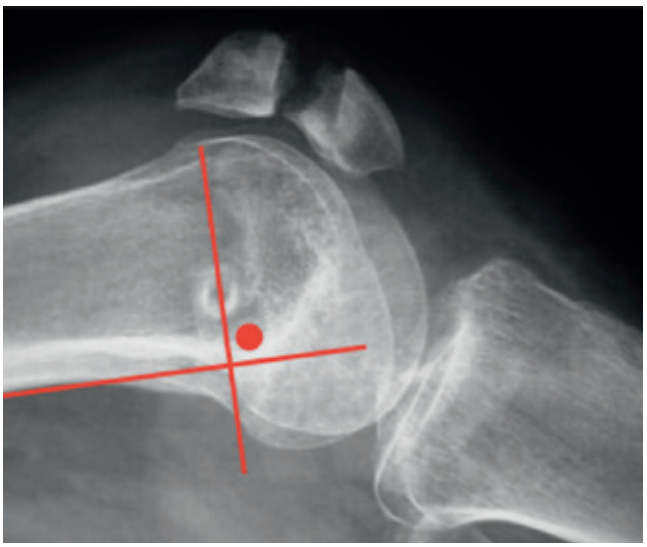


Abb. 4 ▲ Patellaquerfraktur 6 Wochen nach MPFL-Plastik ohne adäquates Trauma. Die femorale Insertion ist zu weit ventral und zu weit proximal. © 2016 AGA-Komitee-Knie-Patellofemoral

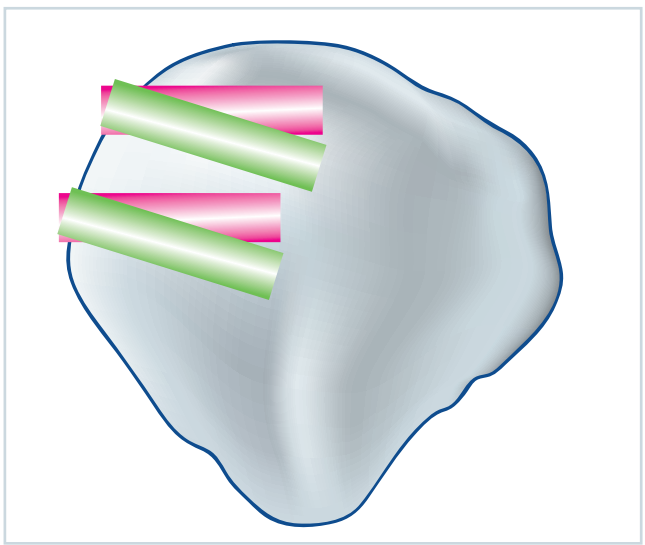


Abb. 5 ▲ Durch absteigende Bohrrichtung soll ein proximaler Ausbruch oder eine Avulsionsverletzungen der Quadricepssehne vermieden werden. © 2016 AGA-Komitee-Knie-Patellofemoral

urgie gut bekannt. Ähnliche Situationen können auch nach MPFL Rekonstruktion beobachtet werden. Gerade an der Patella können derartige Veränderungen beträchtliche Probleme verursachen und sollten zeitnah adressiert werden (◘ **Abb. 6a** und **Abb. 6b**).

8.2 Komplikationen durch fehlerhafte Indikationsstellung

Eine Rezidivinstabilität kann neben den oben beschriebenen operatinstechnischen Ursachen aber auch durch Mißachtung oder mangelhafte Wichtung von Risikofaktoren, also durch fehlerhafte Analyse der Ausgangssituation bedingt sein (6, 15). Shah et al sehen diesen Umstand als hauptverantwortlich für die hohe Redislokationsrate von 8,3% an (12). Ist dies der Fall, muss bei der Revision jeder relevante Faktor durch geeignete Maßnahmen adressiert werden. Meist sind dazu Kombinationseingriffe (Trochleaplastik, Osteotomien, MPFL-Plastik) erforderlich. Details zu Indikationen und Technik entnehmen Sie bitte den jeweiligen Kapiteln dieses Heftes.

Es sei im Besonderen darauf hingewiesen, daß gerade bei bestehenden knöchernen Deformitäten im Bereich der statischen Patellastabilisatoren (Trochleadysplasie, Achsdeviation) Kompromisse zu Gunsten eines vermeintlich wenig invasiven Weichteileingriffs oft scheitern. Dem Patienten wurde dann nicht eine größere Operation erspart, sondern der Weg zu einer komplexeren Revisionsoperation geebnet. Die Einschätzung, welche pathoanatomischen Faktoren unbedingt korrigiert werden müssen, welche aber weniger Anteil an der Instabilität haben und daher belassen werden können, erfordert allerdings viel klinische Expertise.

Fazit für die Praxis

Die Rekonstruktion des MPFL spielt in der Therapie der Patellaluxation eine bedeutende Rolle. Durch Wahl der optimalen Operationstechnik und deren korrekte Ausführung können auf Basis der richtigen Indikationsstellung sehr gute Ergebnisse erzielt und Komplikationen vermieden werden. Eine individuelle Fallanalyse und ein maßgeschneidertes Therapiekonzept die zugrundeliegenden Risikofaktoren berücksichtigend wird erfolgreich sein. Die MPFL Rekonstruktion ist dabei eine sehr wichtige, aber häufig nicht die einzige notwendige operative Maßnahme.

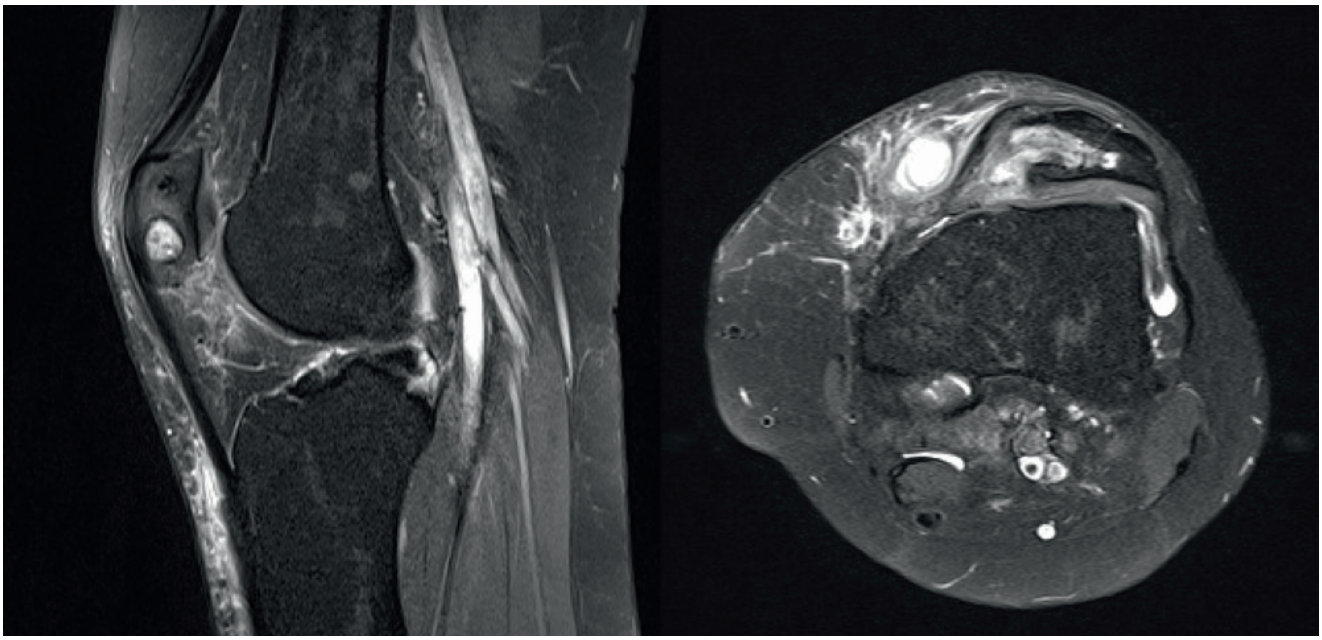


Abb. 6a und **6b** ▲ Beträchtliche resorptionsbedingte Erweiterung der patellären Borkanäle mit peripatellärer Zystenbildung 3 Jahre nach MPFL Rekonstruktion. © 2016 AGA-Komitee-Knie-Patellofemoral

Literatur:

(1) Amis AA, Firer P, Mountney J, Senavongse W, Thomas NP (2003) Anatomy and biomechanics of the medial patellofemoral ligament. Knee 10:215–220

(2) Balcarek P, Ammon J, Frosch S, Walde TA, Schüttrumpf JP, Ferlemann KG, Lill H, Stürmer KM, Frosch K-H (2010) Magnetic resonance imaging characteristics of the medial patellofemoral ligament lesion in acute lateral patellar dislocations considering trochlear dysplasia, patella alta, and tibial tuberosity-trochlear groove distance. Arthroscopy 26:926–935

(3) Dhinsa BS, Bhamra JS, James C, Dunnet W, Zahn H (2013) Patella fracture after medial patellofemoral ligament reconstruction using suture anchors. Knee 20:605–608

(4) Elias JJ, Cosgarea AJ (2006) Technical errors during medial patellofemoral ligament reconstruction could overload medial patellofemoral cartilage: a computational analysis. American Journal of Sports Medicine 34:1478–1485

(5) Erasmus PJ (2008) [The medial patellofemoral ligament: function, injury, and treatment]. Orthopäde 37:858–860–3

(6) Nelitz M, Williams RS, Lippacher S, Reichel H, Dornacher D (2014) Analysis of failure and clinical outcome after unsuccessful medial patellofemoral ligament reconstruction in young patients. Int Orthop 38:2265–2272

(7) Nomura E, Inoue M, Osada N (2005) Anatomical analysis of the medial patellofemoral ligament of the knee, especially the femoral attachment. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 13:510–515

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

(9) Schöttle PB, Schmeling A, Rosenstiel N, Weiler A (2007) Radiographic landmarks for femoral tunnel placement in medial patellofemoral ligament reconstruction. American Journal of Sports Medicine 35:801–804

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

(11) Servien E, Fritsch B, Lustig S, Demey G, Debarge R, Lapra C, Neyret P (2011) In vivo positioning analysis of medial patellofemoral ligament reconstruction. Am J Sports Med 39:134–139

(12) Shah JN, Howard JS, Flanigan DC, Brophy RH, Carey JL, Lattermann C (2012) A systematic review of complications and failures associated with medial patellofemoral ligament reconstruction for recurrent patellar dislocation. Am J Sports Med 40:1916–1923

(13) Sillanpää PJ, Mäenpää HM (2012) First-time patellar dislocation: surgery or conservative treatment? Sports Med Arthrosc 20:128–135

(14) Torabi M, Wo S, Vyas D, Costello J (2015) MRI evaluation and complications of medial patellofemoral ligament reconstruction. Clin Imaging 39:116–127

(15) Wagner D, Pfalzer F, Hingelbaum S, Huth J, Mauch F, Bauer G (2013) The influence of risk factors on clinical outcomes following anatomical medial patellofemoral ligament (MPFL) reconstruction using the gracilis tendon. Knee Surg Sports Traumatol Arthr 21:318–324

9. Medialisierung und Distalisierung des Ligamentum patellae bei Kindern (Daniel Wagner)

Die Patellaluxation ist eine häufig anzutreffende Verletzung bei jungen sportlich aktiven Patienten (1). Die Patellastabilität wird durch knöcherne, ligamentäre und muskuläre Faktoren beeinflusst. Operative Maßnahmen sind in Abhängigkeit der Risikofaktoren zu erwägen. Die alleinige ligamentäre Stabilisierung kann bei Vorliegen von weiteren Risikofaktoren zu eingeschränkten Ergebnissen führen (2). Bei relevant veränderter Zugrichtung des Streckapparats ist häufig ein Tuberositas Transfer indiziert. Bei Kindern und Jugendlichen sollten die femoralen und tibialen Wachstumsfugen bei der Planung von Therapieoptionen mit einbezogen werden. Die kniegelenk nahen Wachstumsfugen machen einen nicht unerheblichen Anteil am Längenwachstum aus. Eine Fugenstörung kann zu veränderten Beinlängen, zu Achsabweichungen und im Bereich der Tuberositas Tibiae zu einer ungünstigen Slopeanpassung mit genu recurvatum führen (3), sodass bei offenen Wachstumsfugen ein knöcherner Tuberositas Transfer nicht möglich ist.

9.1 Indikation

9.1.1. Patella Alta

Die Relation zwischen der Höhe der Patella über der Gelenklinie und der Trochlea beeinflusst die patellofemoralen Kontaktareale und –kräfte. Die Patellahöhe resultiert immer durch die Länge der Patellarsehne, nicht durch die Veränderung der Tuberositashöhe und findet sich bei 24 % der Patienten mit Patellofemoraler Instabilität (PFI) (4, 5). Die Patella alta bedingt ein späteres eintauchen der Patella in die Trochlea und führt zu einer erhöhten strecknahen mediolateralen Mobilität der Patella (6, 7). Die Patella alta erhöht durch diese Gegebenheiten das Luxationsrisiko primär sowie das Reluxationsrisiko bei konservativer Behandlung oder alleiniger Bandstabilisierung (8, 9, 10). Zusatzlich werden die Kontaktflächen der Patella mit der Trochlea in den verschiedenen Flexionsgraden verändert und führen strecknah zu höheren Belastungen der distalen chondralen Anteile der Patella. Gemessen werden kann die Situation über verschiedene Indizes im seitlichen Nativröntgen, wie den Caton Dechamps (CD) (11), Blackburne Peel (12) oder den Insall Salvati (10) Index (**Abb. 1**). Auch MR-tomographisch lässt sich die Patellahöhe zuverlässig über den Patellotrochleären Index nach Biedert bestimmen (13). Bei einer PFI sollten die verschiedenen anatomischen Einflussfaktoren ermittelt werden. Bei einem radiologisch gemessenen Patellahochstand (CD > 1,3) mit einer klinisch verspäteten trochleären Zentrierung (> 30° Knieflexion), die nicht durch eine Trochleadysplasie bedingt ist, kann eine operative Intervention in betracht gezogen werden.

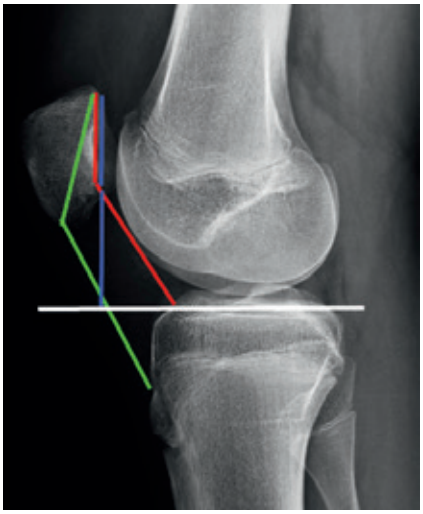


Abb. 1 ▲ Verschiedene Indizes zur Messung der Patellahöhe. grün: Insall Salvati Index; rot: Caton Dechamps, blau: Blackburne Peel © 2016 AGA-Komitee-Knie-Patellofemoral

9.1.2 TTTG Abstand

Ein erhöhter lateral gerichteter Kraftvektor auf die Patella kann eine Luxationstendenz verstärken. Ein etablierter Messwert im Bereich der patellofemoralen Problematik ist die Tuberositas Tibiae – Trochlea Groove (TTTG) Distanz. Der TTTG Abstand ist bei 56 % der Patienten mit PFI erhöht. Im CT gemessen beträgt der Wert bei Gesunden 12,7 mm und in der Instabilitätsgruppe 19,8 mm (4). Die Messungen können auch in axialen MRT Schnitten durchgeführt werden. Durch eine Lagerung des Kniegelenks in leichter Beugung während der Untersuchung können veränderte TTTG Distanzen gegenüber der gestreckten Position aufgrund der Schlussrotation zwischen Ober- und Unterschenkel resultieren (21). Im MRT

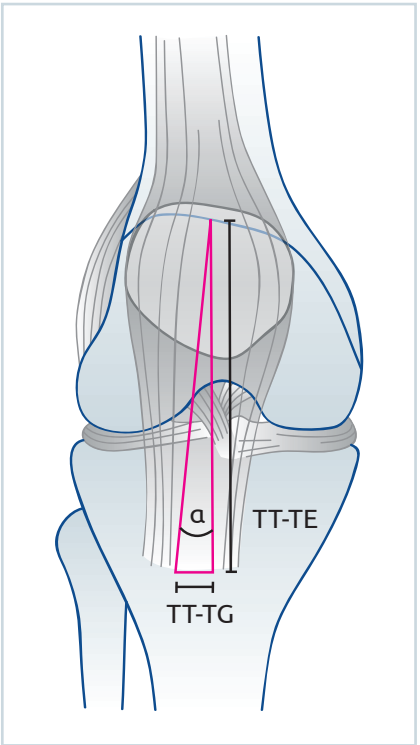


Abb. 2 ▲ TTTG Index (Winkel), Verhältnis zwischen TTTG Abstand und TTTE Distanz. © 2016 AGA-Komitee-Knie-Patellofemoral

werden in der Trochlea kartilaginäre und an der Tuberositas ligamentäre Bezugspunkte gemessen. Aufgrund der unterschiedlichen Kongruenz der knöchernen und kartilaginären Situation im Patellofemoralgelenk sind die Normwerte etwas geringer (8,7 mm/16,5 mm) (14). Ähnliche Ergebnisse liegen bei Jugendlichen vor (14,6 mm Instabilitätsgruppe vs. 10,6 mm Kontrollgruppe) (15). Um die evtl. kleineren Größenverhältnisse bei Kinder und Jugendlichen mit einzubeziehen kann der TTTG Index genauere Information über die Relevanz der abweichenden Zugrichtung geben (16). Hier wird der absolute Wert des TTTG Abstandes in Relation zur TTTE Distanz (Tuberositas Tibiae- Trochlea Entrance) gesetzt (**Abb. 2**). Der TTPCL Abstand (**Abb. 3a** und **Abb. 3b**) mit dem hinteren tibialen Kreuzbandansatz als Bezugspunkt zeigt ob der erhöhte TTTG Abstand tibial oder femoral bedingt ist (17). Eine Messung der Tibiatorsionsverhältnisse kann die Frage klären ob ein tibial bedingter TTTG Abstand durch eine erhöhte Tibiaaussentorsion oder durch einen isolierten Tuberositasversatz verursacht ist. Klinisch ist das reversed J sign ein Hinweis auf die Relevanz erhöhter TTTG Werte. Eine Indikation zur operativen Korrektur einer erhöhten lateralen Zugkraft kann bei weichteilig gemessenen TTTG Abstand > 15 mm der tibial bedingt ist, einen TTTG Index > 0,23 und einem positiven reversed J sign gebeben sein. In manchen Fällen kann intraoperativ die dynamische arthroskopische Prüfung der Patellastellung in Relation zur Trochlea über einen superolateralen Zugeang eine Entscheidungsfindung unterstützen.

9.2. Operationstechnik

Schon in der Vergangenheit sind Operationsverfahren für die Korrektur der Patella alta und der veränderten Zugrichtung bei offenen Wachstumsfugen beschrieben. Historisch ist das Verfahren von Roux-Goldthwait am häuftigsten zitiert. Bei dieser Technik wurde distal die laterale Patellarsehenhälfte abgesetzt und weiter medial wieder befestigt. Jedoch ist es schwierig die zwei Schenkel so zu balancieren dass die Kraftverteilung gleichmäßig ist. Das Ausmaß der Medialisierung sowie der leichten Distalisierung durch den Eingriff ist ebenfalls nicht einfach zu generieren.

Severin (18) entwickelte eine Verkürzungs- Doppelungstechnik zur Behandlung der Patella alta. Dabei wird ein oberflächliches Blatt der Patellarsehne längendefiniert im mittleren Drittel der Patellarsehne präpariert und die dorsalen Anteile belassen. Im nächsten Schritt wird dann zur Verkürzung um die zuvor festgelegte Korrekturstrecke verschoben und abschließend vernäht (**Abb. 4**). Eine ähnliche Technik wurde von Andrish (19) beschrieben. Eine gleichzeitige Medialisierung ist bei dieser Technik nicht möglich.

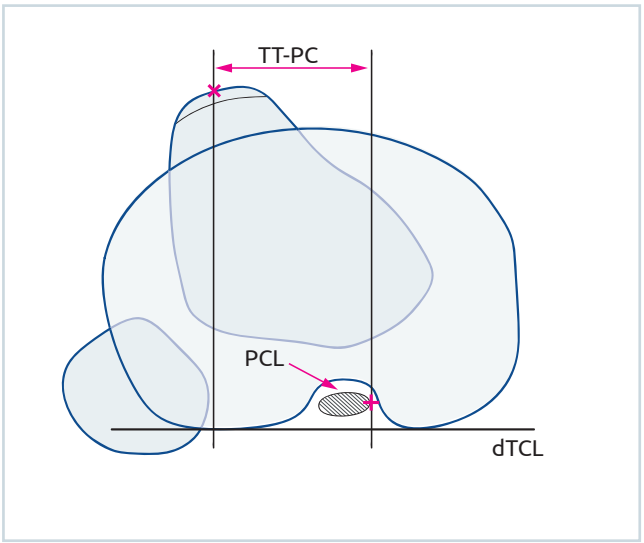


Abb. 3a ▲ TTPCL Abstand: Abstand zwischen Tuberositas Tibiae und medialer Begrenzung des hinteren Kreuzbandes. © 2016 AGA-Komitee-Knie-Patellofemoral

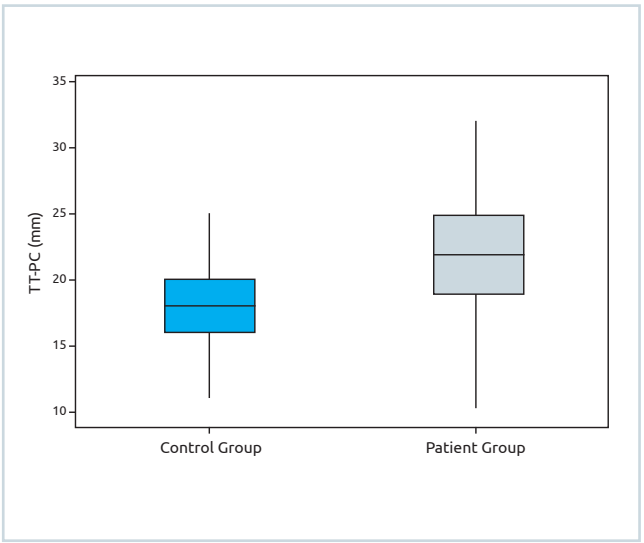


Abb. 3b ▲ TTPCL Abstand: Darstellung der Normwerte und Werte der Instabilitätsgruppe © 2016 AGA-Komitee-Knie-Patellofemoral

Von Kraus et al. (20) wurde eine modifizierte Grammont Technik zu Normalisierung der Zugrichtung des Streckapparats über den distalen Patellarsehenansatzes vorgestellt. Hier wird nach einem Release der distalen Patellarsehne ohne Verletzung der Wachstumsfuge der Tuberositas eine Einstelllung der idealen Position des Sehnenansatzes durch Beugung des Kniegelenks erwartet (◘ **Abb. 5**). Eine kombinierte Korrektur der Zugrichtung und einer Patella alta ist auch bei diesem Verfahren nicht möglich.

Im Folgenden wird eine Operationstechnik (◘ **Abb. 6**) beschrieben welche zuverlässig ohne Korrekturverlust und Verletzung der Wachstumsfugen sowohl eine gezielte Medialisierung in einen physiologischen Normbereich und eine Distalisierung, die maximal 10-15 % der Patellarsehenlänge betragen sollte, ermöglicht.

Es wird ein zentraler Hautschnitt über der Tuberositas tibiae durchgeführt. Dann erfolgt die Präparation eines ca. 4 cm langen Perioststreifens in Verlängerung der Patellarsehne in Sehnenbreite. Die Wachstumsfuge der Tuberositas tibiae wird hierbei geschont. Nachfolgend kann eine definierte Korrektur über die Verlagerung der distalen Patellarsehne mit dem Perioststreifen sowohl nach medial als auch nach distal erfolgen. Die abschließende Fixation wird dann weichteilig mit resorbierbarem Nahtmaterial durchgeführt. Die sichere Fixation kann über das Durchbewegen des Kniegelenks geprüft und die korrekte Einstellung durch testen der trochleären Zentrierung sowie einer arthroskopischen Kontrolle erfolgen. Als Basiseingriff zur Adressierung der ligamentären Instabilität solle immer eine MPFL Naht oder Rekonstruktion erfolgen.

9.3 Nachbehandlung

Die standardisierte Nachbehandlung erfolgt mit einer graduierten Limi-

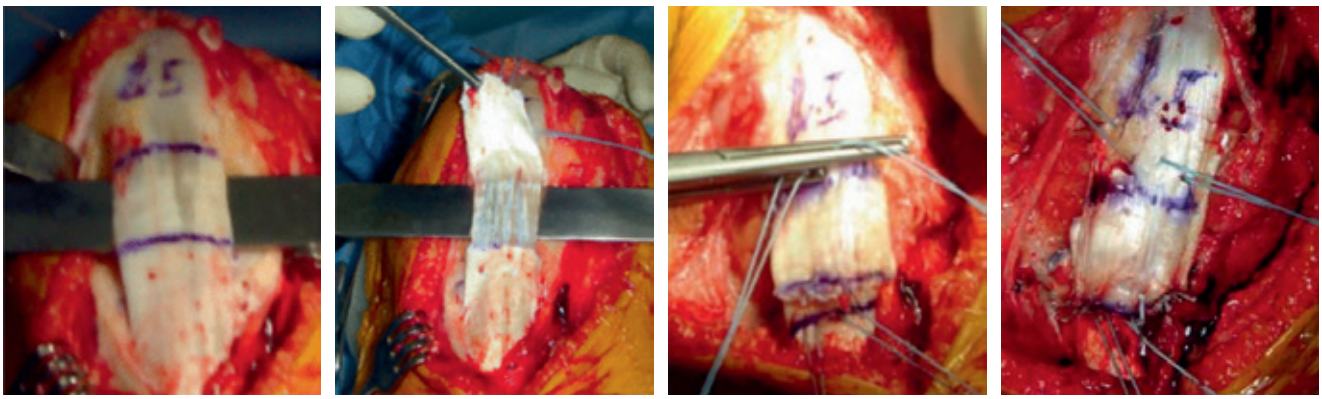


Abb. 4a bis **Abb. 4d** ▲ Patellarsehnen Verkürzungstechnik. Servien E, Archbold P. Shortening the patellar tendon. In: Surgery of the knee, Editors Neyret P, Demey G, Springer London 2014, pp. 333-336

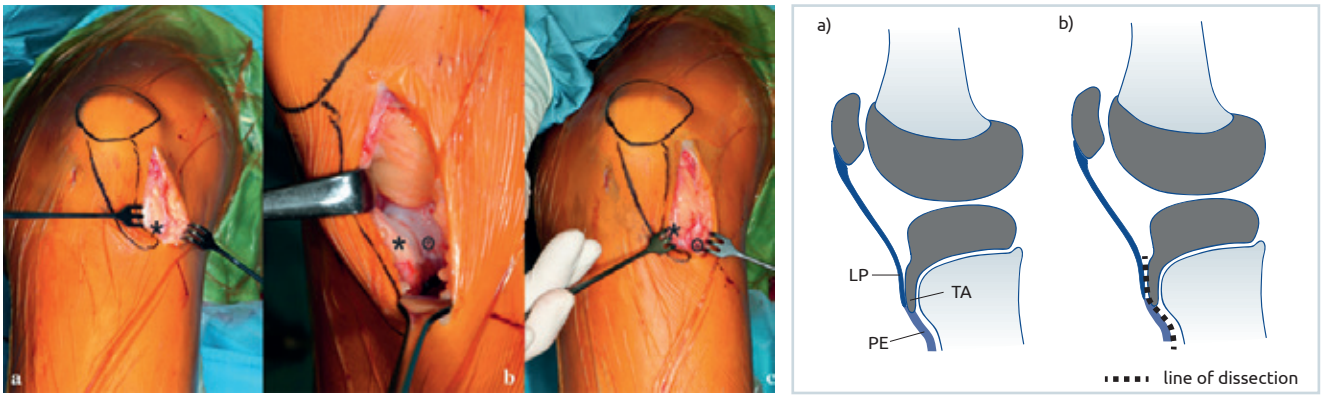


Abb. 5a bis **Abb. 5d** ▲ Modifizierte Grammont Technik mit distalem Patellarsehen Release (Kraus et al.) © 2016 AGA-Komitee-Knie-Patellofemoral

tierung des ROM für 6 Wochen postoperativ mittels Orthese (0-0-30° 2 Wochen, 0-0-60° bis zur 4. Woche, 0-0-90° bis zur 6. Woche), einer Teilbelastung in den ersten 6 Wochen nach OP und einem definierten muskulären Training.

In einer Studie wurden 18 Patienten (12 männlich, 6 weiblich) mit einem Alter von 14,2 Jahren prospektiv mit einer Patellainstabilität erfasst, arthroskopiert, ligamentär stabilisiert und bei entsprechender Indikation ein weichteiiger Patellarsehentransfer durchgeführt. Es erfolgte neben der klinischen Untersuchung eine MRT- und Röntgendiagnostik zur Beurteilung von Begleitverletzungen und Erhebung anatomischer Parameter prä- und postoperativ. Es zeigte sich in einem FU von 2 Jahren keine Reluxation, eine Rückkehr zur ursprünglichen sportlichen Aktivität konnte bei 78,5 % erzielt werden. Der durchschnittliche Kujala -Score lag bei 97,3 Punkten, die Patientenzufriedenheit bei 94 %, diese würden sich dem Eingriff auch erneut unterziehen. Die Patellahöhe und der TTTG Abstand konnten ohne Korrekturverlust normalisiert werden (◘ **Abb. 7**).

Wir sehen das beschriebene Verfahren bei Patellainstabilitäten mit relevanter Veränderung der Zugrichtung des Streckapparats und offenen Wachstumsfugen als geeignetes Verfahren an. Es können Vorteile gegenüber einer alleinigen Adressierung der ligamentären Situation resultieren. Die Indikationsstellung, technische Durchführung und das Ausmaß der Korrektur sind limitierende Faktoren.

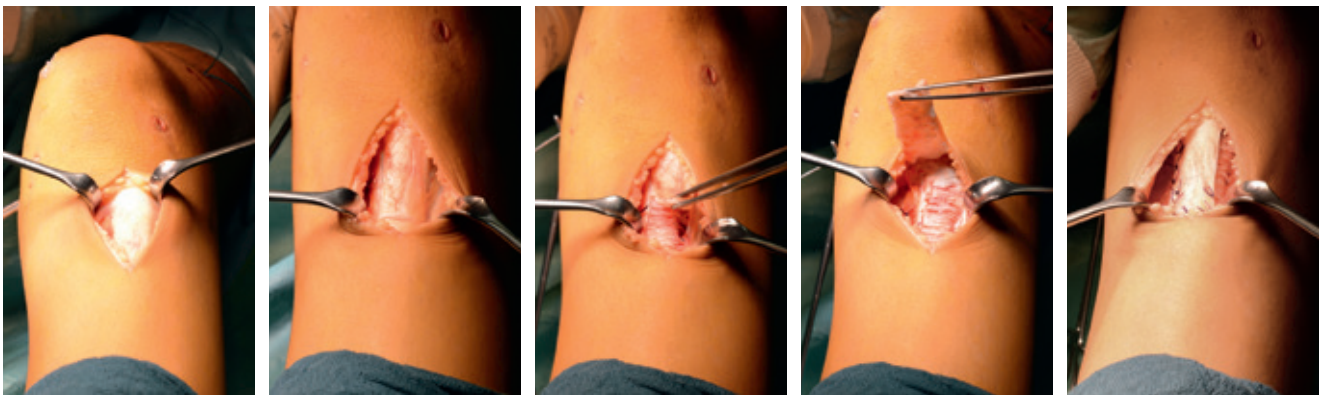


Abb. 6a bis **Abb. 6e** ▲ Operationstechnik – distaler Patellarsehenentransfer. © 2016 AGA-Komitee-Knie-Patellofemoral

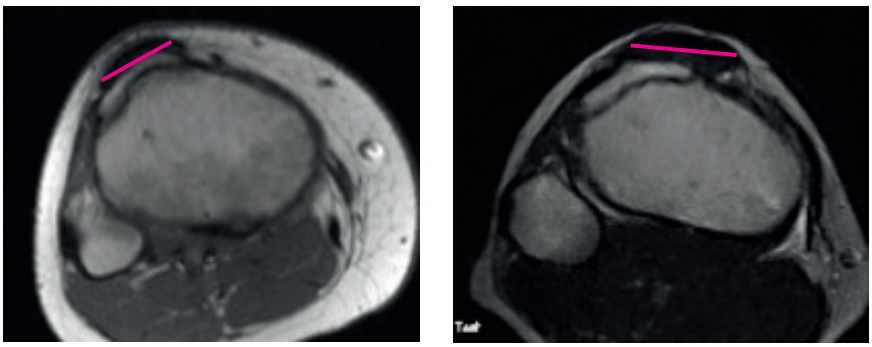


Abb. 7a und **Abb. 7b** ▲ Präopertiver axialer MRT Schnitt auf Höhe des Patellarsehenansatzes (links), rechts postoperativ. © 2016 AGA-Komitee-Knie-Patellofemoral

Literatur:

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

(2) Shah JN, Howard JS, Flanigan DC, Borphy RH, Carey JL, Latterman C (2012) A systematic review of complications and failures associated with medial patellofemoral ligament reconstructions for recurrent patellar dislocations. Am J Sports Med

(3) Pappas AM, Anas P, Toczyloswski HM Jr. (1984) Asymmetrical arrest of the proximal tibial physis and genu recurvatum deformity. J Bone Joint Surg Am 66(4):575-581

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

(5) Neyret P, Robinson AH, Le Coultre B, Lapra C, Chambat P (2002) Patellar tendon length--the factor in patellar instability? Knee. 9:3-6.

(6) Singerman R, Davy DT, Goldber VM(1994) Effects of patella alta and patella infera on patellofemoral contact forces. J Biomech 27(8):1059-1065

(7) Ward SR, Terk MR, Powers CM (2007) Patella alta: association with patellofemoral alignment and changes in contact area during weight-bearing. J.Bone Joint Surg.Am. 89:1749-1755.

(8) Larsen E, Lauridsen F (1982) Conservative treatment of patellar dislocations. Influence of evident factors on the tendency to redislocation and the therapeutic result. Clin.Orthop.Relat Res. 131-136.

(9) Thaunat M, Erasmus PJ (2008) Recurrent patella dislocation after medial patellofemoral ligament reconstruction. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 16(1):40-43

(10) Insall J, Goldberg V, Salvati E (1972) Recurrent dislocation and the high-riding patella. Clin Orthop 88:67-69

(11) Caton J, Dechamps G, Chambat P, Lerat JL, Dejour H (1982) Patella infera. A propose of 128 cases. Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot 68:317

(12) Blackburne JS, Peel TE (1977) A new method of measuring patellar hight. J Bone Joint Surg Br 59: 241-242

(13) Biedert RM, Albrecht S (2006) The patellotrochlear index: a new index for assessing patellar hight. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 14: 707-712

(14) Schoettle PB, Zanetti M, Seifert B, Pfirrmann CW, Fucentese SF, Romero J. The tibial tuberosity-tochlear groove distance: a comparative study between CT and MRI scanning. 2006 Knee 13(1):26-31

(15) Balcarek P, Jung K, Frosch KH, Sturmer KM. Value of the tibial tuberosity-trochlear groove distance in patellar instability in the young athlete. Am J Sports Med. 2011 39,(8):1756-1761

(16) HIngelbaum S, Best R, Huth J, Wagner D, Bauer G, Mauch F (2014) The TT-TG Index: a new knee size adjusted measure method to determine the TT-TG distance. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 22(10):2388-95

(17) Seitlinger G, Scheurecker G, Högler R, Labey L, Innocenti B, Hofmann S (2012) Tibial Tubercle-Posterior Cruciate Ligement Distance. A new measurement to define the position of the tibial tubercle in patients with patellar dislocation. Am J Sports Med 40:1119-1125

(18) Servien E, Archbold P. Shortening the patellar tendon. In: Surgery of the knee, Editors Neyret P, Demey G, Springer London 2014, pp. 333-336

(19) Andrish J. Surgical options for patellar stabilization in the skeletally immature patient. Sports Med Arthrosc Rev. 2007;15: 82–88.

(20) Kraus T, Lidder S, Ŝvehlík M, Rippel K, Schneider F, Eberl R, Linhart W Acta Orthopaedica 2012, 83, 504-510.

(21) Seitlinger G, Scheurecker G, Högler R, Labey L, Innocenti B, Hofmann S (2014) The position of the tibia tubercle in 0°-90° flexion: comparing patients with patella dislocation to healthy volunteers. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 22 (10) 2396-400

10. Trochleaplastik bei Trochleadysplasie (Philip Schöttle)

Eine der häufigsten Ursachen der patellofemoralen Dysfunktion ist eine (habituelle) Patellaluxation oder –subluxation. Im Folgenden soll auf die Bedeutung und die Behandlung der Trochleadysplasie in diesem Zusammenhang eingegangen werden.

10.1 Faktoren der patellofemoralen Stabilität

Während des gesamten Bewegungszyklus spielt die komplexe Interaktion verschiedener Einflussfaktoren eine wesentliche Rolle für die Stabilität des Patellofemoralgelenks (1).

Es werden drei Hauptfaktoren unterschieden:

1. Statische Faktoren (knöcherne Morphologie): Hierzu wird die Trochlea, die Patella und deren Kongruenz gezählt (2–5). Bei der Beurteilung der Kongruenz ist vor allem die Morphologie der Trochlea von entscheidender Bedeutung (6). Sie bildet die Führungsrinne, in welche die Patella eintaucht und gleitet (7). Ein weiterer Faktor bei der Betrachtung der knöchernen Strukturen ist die Orientierung zwischen Femur und Tibia zu einander. Sowohl eine Rotationsfehlstellung als auch eine Valgusfehlstellung vergrößert den Q-Winkel und führt zu einem verstärkten Kraftvektor der Quadrizepsmuskulatur nach lateral und damit zu einer erhöhten Luxationstendenz der Patella.

2. Passive Faktoren (passive Stabilisatoren): Hier ist vor allem das mediale patellofemorale Ligament (MPFL) (8–11), aber auch der gesamte patellofemorale Bandapparat und die Retinacula zu nennen. Das MPFL ist ein passiver medialer Stabilisator, der dem lateralen Kraftvektor entgegenwirkt und eine Luxation der Patella verhindert. Besonders in strecknaher Beugestellung, bevor die Patella in die Trochlearinne eintaucht und eine knöcherne Führung erfährt, ist das MPFL von besonderer Bedeutung (10,12–15).

3. Aktive Faktoren (aktive Stabilisatoren): Hier ist der M. quadriceps femoris, insbesondere der Pars obliquus des M. vastus medialis hervorzuheben. Zwischen 60° und 90° Beugung ist der Richtungsvektor der Quadrizepsmuskulatur nach posterior gerichtet, wodurch die Patella in die Trochlearinne gezogen wird und einer patellofemoralen Instabilität entgegenwirkt (16–18).

Von den genannten Faktoren hat die knöcherne Formgebung der Trochlea den größten Einfluss auf die patellofemorale Stabilität. Bei einer Trochleadysplasie entsteht eine „function follows form“-Situation die zu einer Instabilität und in den meisten Fällen zu einer Luxation führt.

10.2 Pathoanatomie der Trochleadysplasie

Wichtig ist die Differenzierung zwischen einer dysplastischen Trochlea und einer isolierten Dysplasie oder Abflachung der lateralen Femurkondyle. Eine dysplastische Trochlea definiert eine hypoplastische mediale Femurkondyle in Verbindung mit einer hyperplastischen lateralen Trochleafacette. - die daraus resultierende Silhouette ähnelt der einer brechenden Welle. Die Trochlea ist nach medial versetzt, und ist flach oder sogar konvex. Radiologisch lässt sich die Medialverschiebung der Trochlea über einen erhöhten Tibial-Tubercle/Trochlea-Grove Abstand (TTTG-Abstand, siehe Untersuchungstechniken/Diagnostik des Patellofemoralgelenks, AGA-Komitee-Knie-Patellofemoral 2015) (19–21), einen erhöhten patellaren Shift und eine Patella alta quantifizieren. Die Konsequenz ist ein erhöhter Q-Winkel und eine erhöhte Anfälligkeit für Luxationsereignisse. Diese pathoanatomische Darstellung ist von entscheidender Bedeutung, da nahezu alle nicht-traumatischen patellofemoralen Instabilitäten auf eine Trochleadysplasie zurückzuführen sind.

10.3 Pathomechanismus der Patella(-sub)luxation bei Trochleadysplasie

85% aller habituellen Patellaluxationen sind ursächlich auf eine Trochleadysplasie zurückzuführen (22). Die meisten Patellaluxationen entstehen zwischen 0° und 40° aktiver Streckung. Während diesen Freiheitsgraden ist die fehlende Trochlearinne gleichbedeutend einer fehlenden lateralen Barriere; es fehlt die laterale Facette der Trochlea, die dem nach lateral gerichtetem Kraftvektor des M. quadrizeps femoris entgegenwirkt – es kommt zu einer Subluxation oder Luxation der Patella. Je weiter die Dysplasie nach distal reicht, umso größer ist die daraus resultierende Instabilität im Patellofemoralgelenk. Der bei höhergradiger Beugung bestehende, nach posterior gerichtete Kraftvektor verliert dann seine stablisierende Wirkung, und führt lediglich zu einer Erhöhung des patellofemoralen Anpressdrucks und der entsprechenden klinischen Symptomatik. Besteht eine schwere Ausprägung der Trochleadysplasie mit zusätzlichem „Bump“ (◘ **Abb. 1**), so ist das Eingleiten der Patella in strecknaher Stellung besonders erschwert. Hierbei fehlt nicht nur die Gleitrinne, sondern die Patella muss eine zusätzliche Erhöhung überwinden. Da es sich bei der Trochleadysplasie um eine angeborene Pathologie handelt, erfährt die Patella von Kindheit an ein Fehlgleiten, welches eine chronische

Proximalisierung und Lateralisierung der Patella mit erhöhtem Luxationsrisiko mit sich bringt (2, 22).

Die Ursache der patellofemoralen Instabilität ist multifaktoriell, jedoch mit einer starken genetischen Komponente vergesellschaftet.

Bei der Trochleadysplasie handelt es sich um eine vererbbare anatomische Deformität, wodurch sich die familiäre Häufung habitueller Patellaluxationen erklären lässt (23). Sie wird nach Dejour in vier Typen mit steigendem Risiko für eine Patellaluxation unterteilt (siehe Untersuchungstechniken / Diagnostik des Patellofemoralgelenks, AGA-Komitee-Knie-Patellofemoral 2015) (24).

In einer radiologischen Untersuchung konnte gezeigt werden, dass die Patellaform nicht durch eine bestehende Trochleadysplasie beinflusst wird (25). Hierdurch erklärt sich der durch die fehlende Kongruenz zwischen Trochlea und Patella verursachte patellare Tilt. Die konvexe Patella liegt der Konvexität der Trochlea auf, als würde man versuchen ein Ei auf einem anderen Ei zu balancieren (◘ **Abb. 2**). Der erhöhte punktuelle Spitzendruck führt neben einer Instabilität zu einer frühzeitigen Knorpelschädigung.

10.4 OP-Indikation für eine Trochleaplastik

Nicht jede Trochleadysplasie bedarf einer operativen Versorgung mittels Trochleaplastik. Diese sollte jedoch wenn notwendig als primäre Intervention in Betracht gezogen werden. Die Indikation wird aufgrund der Beurteilung des klinischen und kernspintomographischen Befundes gestellt (25–27). Generell gilt klinisch ein positiver Apprehension-Test sowie ein positives J-sign von mehr als 30° als Indikator für eine bestehende patellofemorale Instabilität (siehe Untersuchungstechniken/ Diagnostik des Patellofemoralgelenks, AGA-Komitee-Knie-Patellofemoral 2015). Bei zusätzlich kernspintomographisch nachgewiesenem trochleärem „Bump“ und einer konvexen Trochleamorphologie wird die Indikation zur Trochleaplastik gestellt. Arthrotische Veränderungen und fortgeschrittene Knorpelschäden patellofemoral stellen Kontraindikationen für diese operative Versorgung dar.

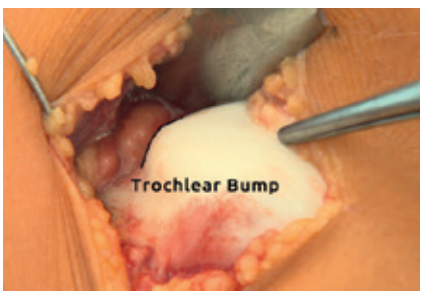


Abb. 1 ▲ Trochleärer “Bump” bei Trochleadysplasie © 2016 AGA-Komitee-Knie-Patellofemoral

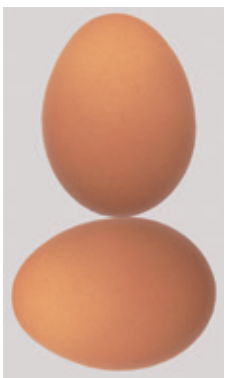


Abb. 2 ▲ Anatomie der Trochleadysplasie Die konvexe Patella liegt der Konvexität der Trochlea auf, als würde man versuchen ein Ei auf einem anderen Ei zu balancieren. © 2016 AGA-Komitee-Knie-Patellofemoral

10.5 Ziel der Trochleaplastik

Das Ziel der Trochleaplastik besteht in der Lateralisierung und Vertiefung der Trochlearinne, um einerseits den Q-Winkel zu minimieren und andererseits eine laterale Trochleafacette als statische Barriere gegen den nach lateral gerichteten Kraftvektor zu schaffen. Die alleinige Erhöhung der lateralen Trochleafacette würde lediglich zur Erhöhung des patellofemoralen Anpressdruckes führen (2, 26). Der nach lateral gerichtete Kraftvektor kann dadurch nicht minimiert werden.

10.6 Operatives Vorgehen

Das Knie wird in 45° Beugung gelagert und das laterale Retinakulum über einen lateralen parapatellaren Zugang dargestellt. Im ersten Schritt wird eine laterale Erweiterungsplastik (26) vorbereitet indem die zwei Schichten des lateralen Retinakulum in Längsrichtung scharf voneinander getrennt werden (◘ **Abb. 3a**). Dies ermöglicht, die lateralen Strukturen am Ende der Trochleaplastik elongiert zu verschließen. Anschließend wird die laterale Gelenkskapsel eröffnet und die Patella nach medial retrahiert um die Trochlea vollständig und übersichtlich darzustellen. Entsprechend der proximodistalen Ausprägung der Trochleadysplasie wird bestimmt, wie weit nach distal der Knorpel zur Modellierung des subchondralen Knochens abgehoben werden muss. Mit einem Skalpell wird das Periost lateral eingeschnitten, von der Synovialis separiert und mittels Elevatorium abgehoben. Der proximale Knorpel wird mit Hilfe eines

geraden Meißels, der proximolaterale Teil mit einem kurvierten Meißel abgehoben (◘ **Abb. 3b_1** und **Abb. 3b_2**). Hierbei verbleiben 1 bis 3 mm des subchondralen Knochens am Knorpel. Im nächsten Schritt wird der Knorpel vorsichtig und am Stück von proximal nach distal am lateralen Femurkondylus abgemeißelt bis die proximalen 5mm des Knorpels mobil sind. Dies kann entweder mit Hilfe eines Meissels oder auch mit einer Fräse geschehen (◘ **Abb. 3c_1** und **Abb. 3c_2**). Im Anschluss wird der an der Knopellamelle bestehende subchondrale Knochen so weit ausgedünnt, dass sich der Knorpel modulieren lässt. Dadurch bleibt genügend subchondraler Knochen für eine gesicherte Einheilung bestehen, während die abgehobene Knorpellamelle gleichzeitig flexibel gemacht wird.

Nun erfolgt die Formung der neuen Trochlearinne: Mit einem geraden Meißel wird der proximale Anteil leicht lateralisiert angelegt (◘ **Abb. 3d_1** und **Abb. 3d_2**). Soweit vorhanden, wird der trochleäre Bump abgetragen und die Trochlearinne unter Niveau der distalen Femurdiaphyse gebracht. Nun wird die Formung der knöchernen Trochlearinne mit Hilfe des Luers, des scharfen Löffels und / oder einer Fräse durchgeführt (◘ **Abb. 3e_1** und **Abb. 3e_2**). Mögliche Knochenreste werden mit dem spitzen Lüer entfernt.

Die osteochondrale Lamelle wird im Anschluss mittels stumpfem Rasparatorium oder einem gerundeten Impaktor ins physiologische Knochenlager eingearbeitet. Sobald der Knorpel gut an den Knochen anmodeliert ist, erfolgt die Fixierung. Hierfür werden zwei 3mm Vicryl Tapes (Ethicon Products, Norderstedt, Deutschland) in einen 3,5 mm Pushlock-Anker (Fa. Arthrex GmbH, Freiham, Deutschland) gefädelt und am distalen Ende der neuen Trochlearinne zentral fixiert. Drei freie Enden werden dann sternförmig proximal zentral, medial und lateral ebenfalls mit Pushlock-Ankern an der Knochen-Knorpel-Grenze fixiert, um die Knorpellamelle auf den Knochen zu drücken und die Einheilung zu begünstigen (◘ **Abb. 3f_1** und **Abb. 3f_2**). Nachdem alle Enden fixiert wurden, wird der Rand der Knorpellamelle mit Fibrinkleber versiegelt, um postoperative Blutungen aus dem Knochen zu vermeiden. Nach Einlage einer intraartikulären Redondrainage wird das laterale Retinakulum in 70° Beugung verschlossen. Sollte eine

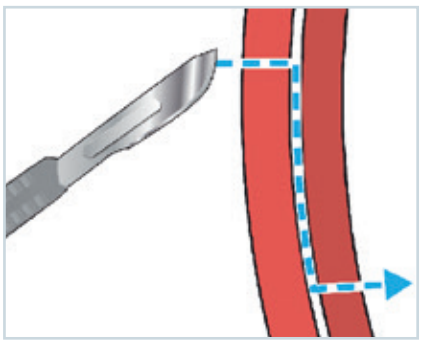
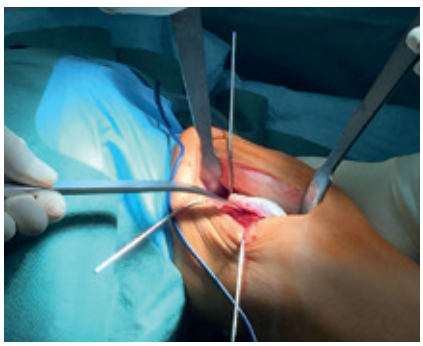


Abb. 3a ▲ Eine laterale Erweiterungsplastik wird vorbereitet, indem die zwei Schichten des lateralen Retinakulums wie dargestellt scharf voneinander getrennt werden. © 2016 AGA-Komitee-Knie-Patellofemoral



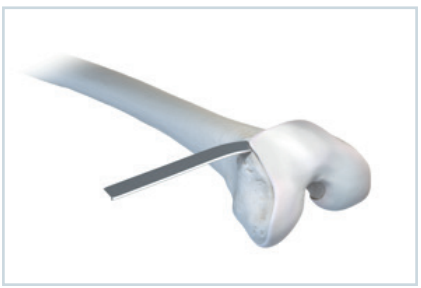


Abb. 3b_1 und **3b_2** ▲ Der proximale Knorpel wird mit Hilfe eines geraden Meißels, der proximolaterale Teil mit einem kurvierten Meißel abgehoben. © 2016 AGA-Komitee-Knie-Patellofemoral

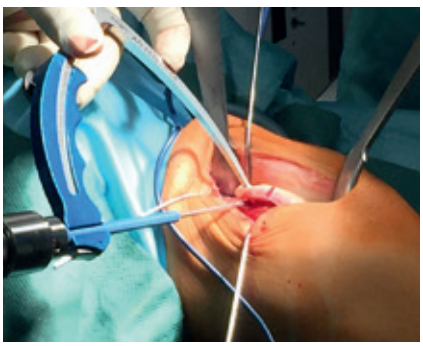


Abb. 3c_1 und **3c_2** ▲ Mit einer eigens dafür entwickelten Fräse wird die Knorpellamelle mit dem auf 5 mm eingestellten Entfernungstaster über die gesamte mediolaterale Ausdehnung nach distal gelöst. © 2016 AGA-Komitee-Knie-Patellofemoral

laterale Erweiterungsplastik notwendig sein, so kann die anfänglich vorbereitete laterale Erweiterungsplastik entsprechend verschlossen werden (◘ **Abb. 3g**).

10.7 Die Rolle des MPFL

Wie bereits erwähnt hat das MPFL besonders in strecknaher Beugestellung eine wichtige Funktion für die patellofemorale Stabilität, da die Patella in dieser Stellung noch nicht in die stabilisierende Trochlearinne eingetaucht ist (28). Außerdem konnte nachgewiesen werden, dass in über 90% aller patellarer Luxationsereignisse das MPFL entweder rupturiert oder zumindest insuffizient ist (12, 29). Aus diesem Grund wird dazu geraten bei der Durchführung einer Trochleaplastik die Indikation für eine zusätzlich notwendigen MPFL-Rekonstruktion genauestens zu prüfen um die patellofemorale Stabilität für das gesamte Bewegungsausmaß des Kniegelenks zu gewährleisten (30, 31).

10.8 Postoperatives Management

Postoperativ sollte der Patient für die verbleibende Dauer des stationären Aufenthaltes täglich 4x je 20 Minuten ohne Limitierung des Freiheitsgrades auf einer CPM-Schiene beübt werden. Die stationäre Entlassung sollte nicht vor erreichen einer Beugefähigkeit von mindestens 60° erfolgen, um das Auftreten von postoperativen Vernarbungen zu vermeiden. In den ersten 2 Wochen postoperativ ist auf die Teilbelastung von 20kg zu achten. Im Anschluss kann die schmerzadaptierte Steigerung der Belastung bis zur Vollbelastung erfolgen. Erst nach insgesamt 6 Wochen ist die stufenweise Rückkehr zu Alltagsaktivitäten sinnvoll.

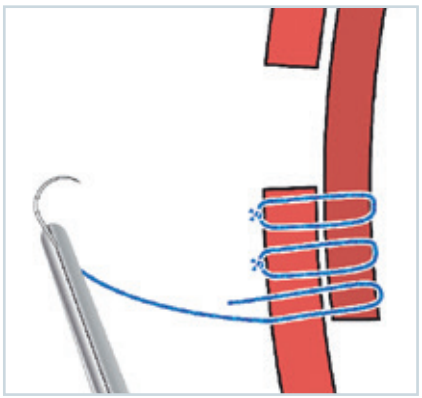
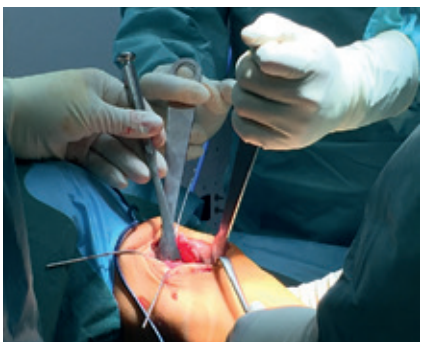


Abb. 3g ▲ Die anfänglich vorbereitete laterale Erweiterungsplastik wird nun in entsprechender Spannung verschlossen. © 2016 AGA-Komitee-Knie-Patellofemoral



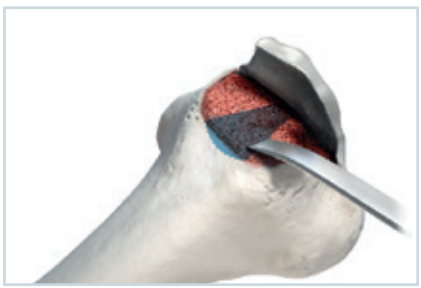


Abb. 3d_1 und **3d_2** ▲ Formung der neuen Trochlearinne. Mit einem geraden Meißel wird der proximale Anteil leicht lateralisiert angelegt. © 2016 AGA-Komitee-Knie-Patellofemoral

Abb. 3e_1 und **3e_2** ▲ Formung der knöchernen Trochlearinne mit Hilfe einer Hochgeschwindigkeitsfräse. © 2016 AGA-Komitee-Knie-Patellofemoral

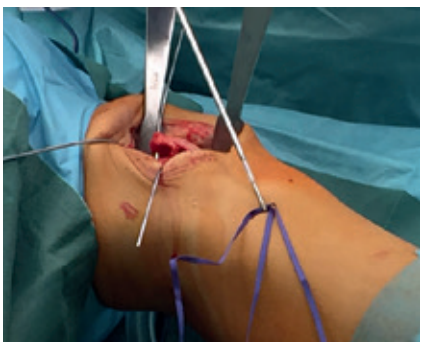


Abb. 3f_1 und **3f_2** ▲ Mittels Pushlock-Anker mit drei freien Fadenenden wird die Knorpellamelle an der Knochen-Knorpel-Grenze sternförmig nach proximal zentral, medial und lateral fixiert. © 2016 AGA-Komitee-Knie-Patellofemoral

Literatur:

(1) Meidinger G, Schöttle P. Pathogenese und Diagnostik der patellofemoralen Arthrose. Arthroskopie. 2010;23(3):201–7.

(2) Dejour H, Walch G, Neyret P, Adeleine P. [Dysplasia of the femoral trochlea]. Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot. 1989;76(1):45–54.

(3) Malghem J, Maldague B. Depth insufficiency of the proximal trochlear groove on lateral radiographs of the knee: relation to patellar dislocation. Radiology. 1989;170(2):507–10.

(4) Merchant AC, Mercer RL, Jacobson RH, Cool CR. Roentgenographic analysis of patellofemoral congruence. J Bone Jt Surg. 1974;56(7):1391–6.

(5) Senavongse W, Amis A. The effects of articular, retinacular, or muscular deficiencies on patellofemoral joint stability A BIOMECHANICAL STUDY IN VITRO. J Bone Joint Surg Br. 2005;87(4):577–82.

(6) Shih Y-F, Bull AM, Amis AA. The cartilaginous and osseous geometry of the femoral trochlear groove. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2004;12(4):300–6.

(7) Heegaard J, Leyvraz P, Curnier A, Rakotomanana L, Huiskes R. The biomechanics of the human patella during passive knee flexion. J Biomech. 1995;28(11):1265–79.

(8) Fithian DC, Meier SW. The case for advancement and repairof the medial patellofemoral ligament in patients with recurrent patellar instability. Oper Tech Sports Med. 1999;7(2):81–9.

(9) Fithian DC, Mishra DK, Balen PF, Stone ML, Daniel DM. Instrumented measurement of patellar mobility. Am J Sports Med. 1995;23(5):607–15.

(10) Hautamaa PV, Fithian DC, Kaufman KR, Daniel DM, Pohlmeyer AM. Medial soft tissue restraints in lateral patellar instability and repair. Clin Orthop. 1998;349:174–82.

(11) Teitge RA, Faerber W, Des Madryl P, Matelic TM. Stress Radiographs of the Patellofemoral Joint*. J Bone Jt Surg Am. 1996;78(2):193–203.

(12) Burks RT, Desio SM, Bachus KN, Tyson L, Springer K. Biomechanical evaluation of lateral patellar dislocations. Am J Knee Surg. 1997;11(1):24–31.

(13) Conlan T, Garth WP, Lemons JE. Evaluation of the medial soft-tissue restraints of the extensor mechanism of the knee. J Bone Jt Surg Am. 1993;75(5):682–93.

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

(15) Sandmeier RH, Burks RT, Bachus KN, Billings A. The effect of reconstruction of the medial patellofemoral ligament on patellar tracking. Am J Sports Med. 2000;28(3):345–9.

(16) Ahmed A, Duncan N. Correlation of patellar tracking pattern with trochlear and retropatellar surface topographies. J Biomech Eng. 2000;122(6):652–60.

(17) Farahmand F, Tahmasbi M, Amis A. Lateral force–displacement behaviour of the human patella and its variation with knee flexion—a biomechanical study in vitro. J Biomech. 1998;31(12):1147–52.

(18) Heegaard J, Leyvraz P-F, Van Kampen A, Rakotomanana L, Rubin PJ, Blankevoort L. Influence of soft structures on patellar three-dimensional tracking. Clin Orthop Relat Res 1994;299:235–43.

(19) Goutallier D, Bernageau J, Lecudonnec B. The measurement of the tibial tuberosity. Patella groove distanced technique and results. Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot. 1977;64(5):423–8.

(20) Beaconsfield T, Pintore E, Maffulli N, Petri GJ. Radiological Measurements in Patellofemoral Disorders: A Review. Clin Orthop Relat Res 1994;308:18–28.

(21) Schoettle PB, Zanetti M, Seifert B, Pfirrmann CW, Fucentese SF, Romero J. The tibial tuberosity–trochlear groove distance; a comparative study between CT and MRI scanning. The Knee. 2006;13(1):26–31.

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

(23) Tardieu C, Dupont J. [The origin of femoral trochlear dysplasia: comparative anatomy, evolution, and growth of the patellofemoral joint]. Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot. 2001;87(4):373–83.

(24) Dejour D, Reynaud P, Lecoultre B. Douleurs et instabilité rotulienne. Essai de classification. Médecine Hygiène. 1998;56(2217):1466–71.

(25) Fucentese SF, von Roll A, Koch PP, Epari DR, Fuchs B, Schottle PB. The patella morphology in trochlear dysplasia—a comparative MRI study. The Knee. 2006;13(2):145–50.

(26) Masse Y. Trochleoplasty. Restoration of the intercondylar groove in subluxations and dislocations of the patella. Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot. 1977;64(1):3–17.

(27) Salzmann GM, Weber TS, Spang JT, Imhoff AB, Schöttle PB. Comparison of native axial radiographs with axial MR imaging for determination of the trochlear morphology in patients with trochlear dysplasia. Arch Orthop Trauma Surg. 2010;130(3):335–40.

(28) Senavongse W, Farahmand F, Jones J, Andersen H. Quantitative measurement of patellofemoral joint stability: Force-displacement behavior of the human patella in vitro. J Orthop Res. 2003;21(5):780.

(29) Kang HJ, Wang F, Chen BC, Zhang YZ, Ma L. Non-surgical treatment for acute patellar dislocation with special emphasis on the MPFL injury patterns. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2013;21(2):325–31.

(30) Banke IJ, Kohn LM, Meidinger G, Otto A, Hensler D, Beitzel K, et al. Combined trochleoplasty and MPFL reconstruction for treatment of chronic patellofemoral instability: a prospective minimum 2-year follow-up study. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2014;22(11):2591–8.

(31) Schoettle P, Werner C, Romero J. Reconstruction of the medial patellofemoral ligament for painful patellar subluxation in distal torsional malalignment: a case report. Arch Orthop Trauma Surg. 2005;125(9):644–8.

11. Femurderotation und Komplexe Instabilität

(Gerd Seitlinger, René Attal)

In den letzten Jahren gewinnt die Femur-Derotationsosteotomie als Kombinationseingriff bei komplexen Instabilitäten des Patellofemoralgelenkes zunehmend an Bedeutung (1). Das Konzept, über eine Drehung des Femurs nach außen, die Trochlea unter die Patella zu stellen ist nicht neu. Schon vor mehr als hundert Jahren wurden die ersten Derotationen am Oberschenkel zur Behandlung von Patellainstabilitäten durchgeführt (2). Oft handelt es sich dabei um Patienten mit multiplen Risikofaktoren und schwerer Instabilität der Kniescheibe. Die publizierten Fallzahlen sind daher bis heute gering. Während früher die klinische Untersuchung ausschlaggebend war, ist heute eine exakte Messung der Femurtorsion mittels Computer- oder Magnetresonanztomographie möglich (3, 4). Klare Richtwerte, ab wieviel Grad Antetorsion eine Korrektur nötig ist, gibt es jedoch leider nicht. Das liegt daran, dass viele verschiedene Messmethoden publiziert sind. Daher differieren die angegebenen Normwerte deutlich. Werte ab 25°-30° werden aber allgemein als pathologisch anerkannt (5, 6). Eine Analyse der Femurtorsion in verschiedenen Etagen zeigte außerdem, dass das Verhältnis zwischen Schenkelhals- und Schafttorsion ebenso einen Einfluss auf den Lauf der Kniescheibe hat. Hierzu fehlen jedoch noch klinische Daten. Die Femur-Derotationsosteotomie ist ein gutes Verfahren bei schweren Instabilitäten der Kniescheibe und führt bei strenger Indikation und in Kombination mit anderen Eingriffen zu guten Ergebnissen.

Grundsätzlich kann eine Derotation des Femur proximal und distal supracondylär durchgeführt werden. Da jedoch meist weitere Eingriffe am Kniegelenk nötig sind, bietet sich die Derotation im Bereich des Kniegelenks an.

11.1 Biomechanik

Die Femurtorsion gehört mit der Trochlea, der Tuberositas Tibiae, der Tibia Torsion und der Beinachse zu den knöchernen oder statischen Faktoren die das Patellofemoralgelenk beeinflussen. Durch eine vermehrte Torsion des Oberschenkels nach innen (Antetorsion) kommt es zu einer Einwärtsdrehung des Kniegelenkes. In voller Streckung zeigen dabei das Kniegelenk und die Kniescheibe nach innen. Dabei weicht die Rotationsachse des Kniegelenkes von der Bewegungsebene beim normalen Gehen ab. Es entsteht der Eindruck einer valgischen Beinachse. Man spricht dabei auch von einem funktionellen Valgus. Das valgische Gangbild wird durch einen Knickfuß und eine Schwäche der Hüft-Abduktion und Aussenrotation verstärkt (7). Bei Patienten mit rezidivierenden Patellaluxationen und einer vermehrten Antetorsion findet man oft eine Instabilität der Kniescheibe bis in hohe Beugegrade des Kniegelenkes. Bei diesen Patienten zieht der Muskulus quadrizeps femoris nach außen, während die Rotationsachse des Kniegelenkes nach innen gedreht steht. Da der Vastus medialis nur 10% der gesamten Kraft des Oberschenkelmuskels ausmacht, reicht es nicht aus, nur diesen zu medialisieren um die Zugrichtung zu verändern. Die einzige Möglichkeit den gesamten Muskelzug zu verändern, besteht darin, die Femurachse nach außen zu drehen. Dabei ist zu beachten, dass die Tuberositas Tibiae mit dem Unterschenkel ebenfalls nach Außen gedreht wird. Daher kommt es in voller Streckung zu keiner Veränderung des TT-TG Abstandes.

Obwohl eine proximale oder distale Torsionsosteotomie im rechten Winkel zur Femurschaftachse durchgeführt

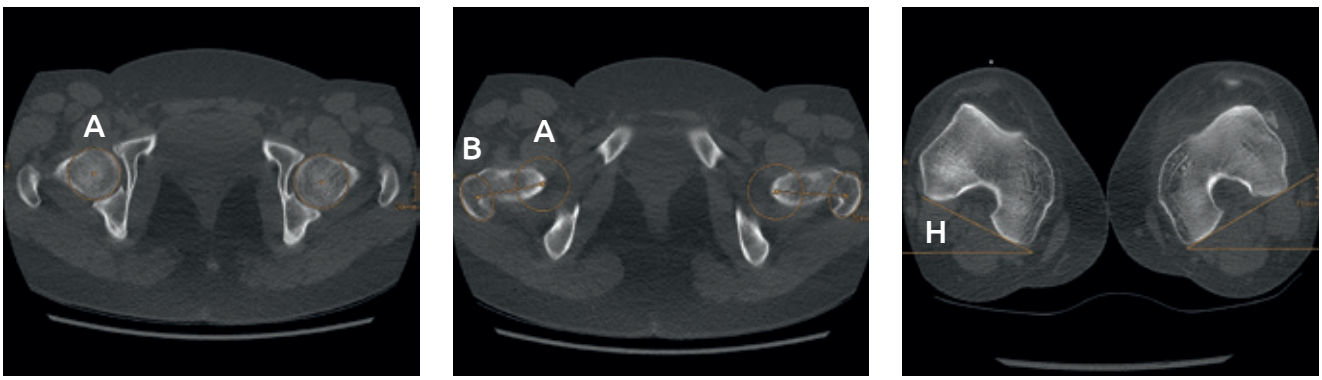


Abb. 1a bis **Abb. 1c** ▲ Auf einem transversalen Bild wird das Zentrum des Femurkopfes (A) mit dem Zentrum einer Ellipse um das Trochantermassiv (B) verbunden. Diese Achse wird in Relation zur distalen hinteren Femurkondylenachse (H) gelegt und beschreibt in Kombination die femorale Torsion. © 2016 AGA-Komitee-Knie-Patellofemoral

werden, kann die Beinachse verändert werden. Nelitz et al (8) haben in einem 3D Computer Modell eines CT-Datensatzes eines Kadaverfemurs diese klinische Erfahrung bestätigt und begründet. Eine proximale Derotation führt je nach vorbestehender Anteversion und Korrekturwinkel eher zu einem Varus, während eine distale Derotation eher eine valgische Beinachse begünstigt. Es kann also eine ungewollte und kontraproduktive Veränderung der Beinachse in maximalen Werte bis zu 7° auftreten, insbesondere bei starker Antecurvatur des Femurs.

11.2 Indikation

Eine gute Indikation für eine Derotation des Femurs ist bei Patienten mit Patellainstabilität in höheren Beugegraden und einer vermehrten Antetorsion gegeben. Oft sind dabei auch andere knöcherne Faktoren wie das Vorliegen einer Trochleadysplasie oder eine Lateralisation der Tuberositas Tibiae zu korrigieren. Es handelt sich daher häufig um Kombinationseingriffe. Eine Femurtorsion über 25°-30° wird beim ausgewachsenen Patienten allgemein als pathologisch angesehen und sollte bei der entsprechenden Klinik korrigiert werden. Inwieweit das Verhältnis zwischen Schenkelhals- und Schafttorsion eine Rolle spielt ist zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht geklärt. Das Korrekturziel liegt im Bereich einer physiologischen Femurtorsion von etwa 15°. Zur Planung einer Derotation am Femur ist es wichtig, das Gangbild und die Tibiatorsion zu kontrollieren. Sollte eine erhöhte Außendrehung des Unterschenkels vorliegen, muss eine Doppelosteotomie erfolgen um ein pathologisches Gangbild (Charlie Chaplin Gang) zu vermeiden.

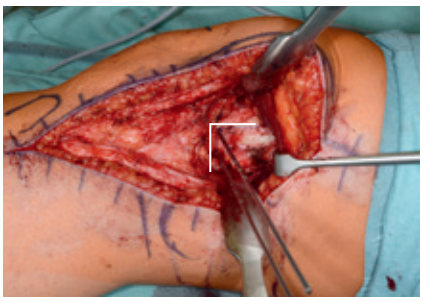


Abb. 2 ▲ Eingezeichnet ist die geplante biplanare Osteotomie. Für die axiale Osteotomie sind bereits Kirschnerdrähte eingebracht. Entlang dieser Kirschnerdrähte wird die Osteotomie durchgeführt. Die korrekte Plazierung muss unter Durchleuchtung kontrolliert werden. © 2016 AGA-Komitee-Knie-Patellofemoral

11.3 Diagnostik

Es wurden zahlreiche Messmethoden in der Literatur beschrieben. Die am häufigsten verwendeten für die Computertomographie sind die Methode nach Waidelich et al. (3), Hernandez et al.(9), Murphy et al.(10) und Yoshioka et al.(11). Alle diese Methoden haben unterschiedliche Normwerte. Daher ist kein einheitlicher Grenzwert für eine pathologische Femurtorsion vorhanden. Aufgrund der verschiedenen Messmethoden variiert der Durchschnittswinkel der femoralen Antetorsion zwischen 7°-24°. Nicht für alle Methoden bestehen valdierte Referenzwerte. Für die weitverbreitete Methode nach Waidelich liegt der Normwert der Femurtorsion bei 20.4° +/- 9°.

Um die Strahlenbelastung der meist jungen Patienten zu reduzieren, kann die Messung auch mittels MRT durchgeführt werden (4, 12) .

Wesentlich für die korrekte Bestimmung der Torsion des Femur ist die strenge Anwendung immer nur einer Messmethode am gleichen Patienten, da der gemessene Wert messmethodenabhängig ist.

Die Autoren bevorzugen die Messmethode nach Waidelich/Strecker (**Abb. 1a** bis **Abb. 1c**).

11.4 OP Technik

Die Operation erfolgt in Rückenlage bei angelegter Blutsperre. Der Unterschenkel wird auf einem Keilpolster gelagert.

Der Hautschnitt erfolgt im Sinn eines lateralen Zugangs zum distalen Femur auf einer Länge von ca. 15 cm. Die Schnittführung beginnt knapp distal des lateralen Epicondyls und wird dann entlang der Femurschaftachse verlängert.

Nun wird der Tractus iliotibialis in Faserrichtung inzidiert. Der Vastus lateralis wird dargestellt und teils scharf, teils stumpf unterminiert und mit einem Hohmann Hacken unterfahren, sodass der distale Femur exponiert wird. Eine Verletzung der Muskelfasern ist dabei zu vermeiden. Die Länge der Exposition richtet sich nach dem einzubringenden Osteosynthesematerial.

Da für die Derotation die komplette Kontinuitätsunterbrechung des distalen Femurs notwendig ist, empfiehlt sich eine biplanare Schnittführung. Die eigentliche Osteotomie verläuft in axialer Ebene und umfasst die posterioren 2/3 des Femurs (**Abb. 2**). , während die frontale Osteotomie vom Oberrand der axialen Osteotomie nach proximal in den anterioren Kortex des Femurs ausläuft.

Die axiale Osteotomie muss im rechten Winkel zur Femurschaftachse verlaufen. Die Höhe der axialen Osteotomie liegt knapp proximal der Trochlea. Die frontale Osteotomie soll circa 10 cm lang sein und im distalen Anteil 1/3 des anterioren Femurdurchmessers ausma-

chen. Die geplanten Osteotomieschnitte können mit der Diathermie angezeichnet werden (◘ **Abb. 3**).

Der gewünschte Korrekturwinkel wird mit zwei Schanzschrauben/ Kirschnerdrähten markiert, wobei eine Schraube im Femur proximal und eine distal der Osteotomie-Ebene eingebracht wird. Diese werden in den anterioren Kortex geschraubt, um nicht mit der Plattenlage zu interferieren (◘ **Abb. 4**).

Mit der oszillierenden Säge wird zuerst die axiale Osteotomie gesägt. Unter Bildwandlerkontrolle werden zwei Kirschnerdrähte gesetzt und das Sägeblatt entlang der Drähte nach lateral geführt. Um die neurovaskulären Strukturen zu schützen wird dorsal des Femur ein Hohmann auf Höhe der Osteotomie eingesetzt. Es empfiehlt sich außerdem ein schmales Sägeblatt zu verwenden, um große Ausschläge in Richtung Gefäße zu vermeiden. Anders als bei Achskorrekturen muss der Kortex in diesem Fall komplett durchgesägt werden, um die Fragmente gegeneinander drehen zu können. In der Folge wird die frontale Osteotomie von lateral nach medial gesetzt, wobei der Schnitt leicht in Richtung Fußboden abgeneigt wird.

Um die gewünschte Rotation zu erreichen, wird entsprechend des Korrekturwinkels ein Keil am lateralen Rand der frontalen Osteotomie herausgeschnitten (◘ **Abb. 5**).

Die Schanzschrauben werden nun so gegeneinander gedreht, dass sie parallel verlaufen und sich dadurch die Osteotomie schließt (◘ **Abb.6**).

Eine von anterior nach posterior eingebrachte Zugschraube fixiert nun vorübergehend die Osteotomie, während eine winkelstabile Platte entsprechend den Herstellerangaben zur definitiven Stabilisation angebracht wird (◘ **Abb. 7**). Durch exzentrisches Bohren in den Plattenlöchern kann der Osteotomiespalt komprimiert werden. Die Zugschraube kann entfernt oder belassen werden (◘ **Abb. 8**).

Eine alternative Technik kommt ohne Zugschraube aus. Die frontale Osteotomie wird in gleicher Weise durchgeführt, ebenso wird ein Keil lateral entfernt, jedoch wird der mediale Kortex der axialen Osteotomie nicht vollständig durchgesägt, sondern circa 3 mm Knochen belassen. Nun wird die winkelstabile Platte distal fixiert und im Schaftbereich etwas anterior angelegt. Durch Drehen des Unterschenkels wird der mediale Kortex gebrochen, sodass die Schanzschrauben nun parallel ausgerichtet werden können. Dadurch schließt sich die frontale Osteotomie und die Platte richtet sich mittig am

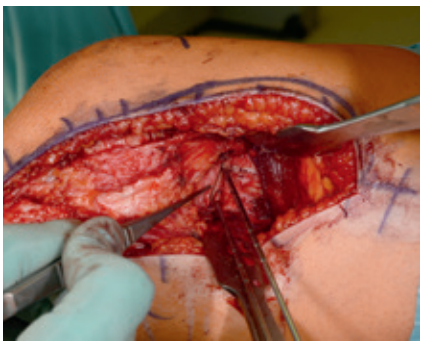


Abb. 3 ▲ Die axiale Osteotomie wurde bereits entlang der Kirschnerdrähte durchgeführt. Die frontale Osteotomie wird mittels Diathermie markiert. © 2016 AGA-Komitee-Knie-Patellofemoral

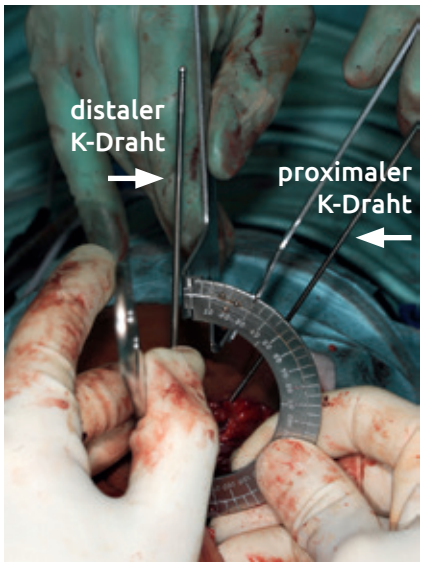


Abb. 4 ▲ Platzierung der Schanzschrauben im geplanten Korrekturwinkel. © 2016 AGA-Komitee-Knie-Patellofemoral

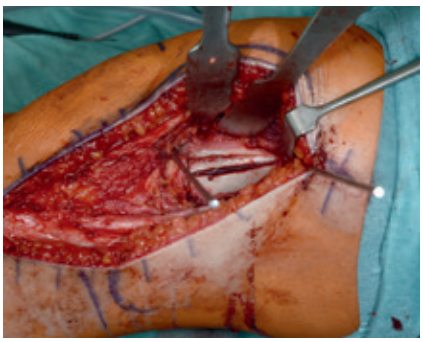


Abb. 5 ▲ Keilexzision lateral an der frontalen Osteotomie. © 2016 AGA-Komitee-Knie-Patellofemoral

Schaft aus. Die definitive Fixation wird durch das Besetzen der Plattenschrauben proximal der Osteotomie erreicht (◘ **Abb. 9**).

In jedem Fall sollte am Ende der Operation die Beinachse überprüft werden. Nach einer distalen Derotation kann eine ungewollte Veränderung der Beinachse im Sinn eines Valgus auftreten, insbesondere bei ausgeprägter Antecurvatur des Femurs. Diese schwer abschätzbare Veränderung kann zu diesem Zeitpunkt durch eine zusätzliche Aufklappung der Osteotomie korrigiert werden.

11.5 Tipps & Tricks

Wenn mehr als zwei Eingriffe zur Stabilisierung der Kniescheibe geplant sind, empfiehlt sich eine Planung der Abfolge der einzelnen Operations-

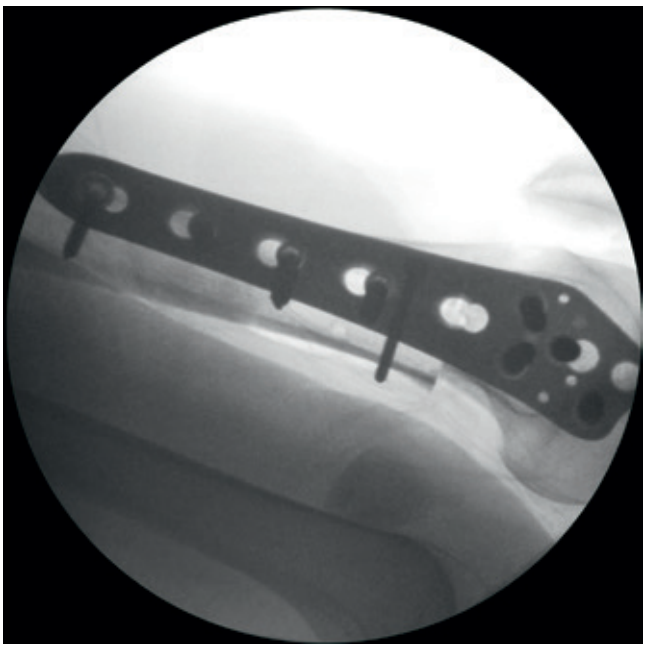


Abb. 9 ▲ Abgeschlossene Derotation mit liegender winkelstabiler Platte. © 2016 AGA-Komitee-Knie-Patellofemoral

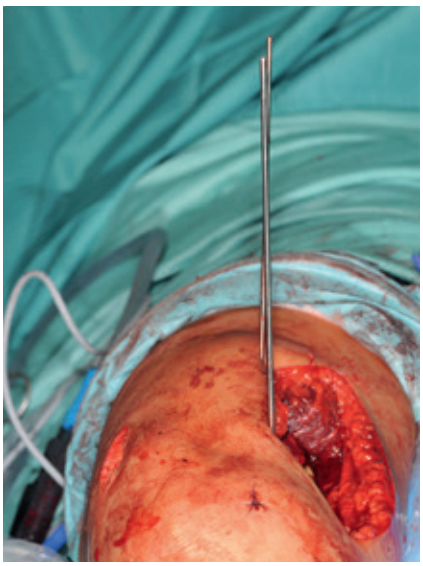


Abb. 6 ▲ Um die gewünschte Korrektur zu erreichen werden die Schanzschrauben parallel ausgerichtet. © 2016 AGA-Komitee-Knie-Patellofemoral

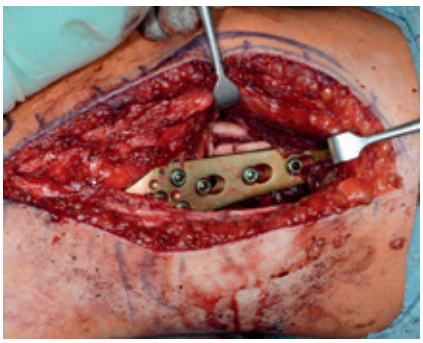


Abb. 7 ▲ Die winkelstabile Platte ist in situ, die Fixation der Osteotomie abgeschlossen. © 2016 AGA-Komitee-Knie-Patellofemoral

Abb. 8 ▲ Verheilte Derotationsosteotomie mit liegender Zugschraube. © 2016 AGA-Komitee-Knie-Patellofemoral

Schritte. Es hat sich bewährt mit der Femurosteotomie zu beginnen. Diese kann bei entsprechend gewissenhafter Präparation auch ohne Blutsperre durchgeführt werden. Danach wird in der Regel die Trochleaplastik durchgeführt. Sollte zusätzlich noch eine Tuberositas Osteotomie nötig sein, bietet sich an diese jedoch als zweiten Schritt durchzuführen, da dadurch der Zugang zur Trochlea von lateral deutlich vereinfacht ist. Nach Durchführung der Trochleaplastik wird die Tuberositas tibiae nur temporär mit 2 Kirschnerdrähten der Stärke 2,0 fixiert, um den Patellalauf zu beurteilen. Die Notwendigkeit einer Medialisierung, Proximalisierung oder Distalisierung können entsprechend beurteilt werden. Die definitive Fixierung der Tuberositas erfolgt dann mit zwei Kortikalis-Kleinfragmentschrauben. Die Balancierung der Weichteile kommt zu Letzt als "Feintuning". Daran sollte schon beim lateralen Zugang zur Trochlea gedacht werden und ein Kulissenschnitt vorgenommen werden um ggf. das laterale Retinakulum verlängern zu können. Die medialen Strukturen sind insuffizient, sodass eine MPFL Rekonstruktion nach Verschluß der lateralen Weichteile nötig ist.

Komplexe Patellainstabilität

Unter einer komplexen Instabilität der Kniescheibe versteht man eine Luxationstendenz, die im Rahmen der klinischen Untersuchung weit über einem Flexionsgrad von 30 Grad auftritt und zu deren Korrektur mehr als eine Stabilisierung des MPFL notwendig ist. Durchwegs sind zusätzliche knöcherne Eingriffe notwendig. Diese umfassen Korrekturen der Beinachse und Rotation von Femur bzw Tibia. Häufig ist einen Versetzung der Tuberositas tibiae im Sinn einer Medialisierung und Distalisierung, seltener auch Kranialisierung notwendig. Regelhaft findet sich auch eine hochgradige Trochleadysplasie, die durch eine Trochleaplastik behandelt werden muss.

Komplexe Instabilitäten erfordern eine umfassende Abklärung und überlegte Operationsplanung. Da die Befund-Konstellationen sehr heterogen sind, sollen im folgenden grundlegende Überlegungen anhand von 3 Fallbeispielen erläutert werden.

Literatur:

(1) Dickschas J, Harrer J, Reuter B, Schwitulla J, Strecker W. Torsional osteotomies of the femur. J Orthop Res. 2015 Mar 1;33(3):318–24.

(2) Graser E. Zur Behandlung der Luxatio patellae inveterata. XXXIII Congress der dtsch Ges für Chir. 1904;4:457–66.

(3) Waidelich HA, Strecker W, Schneider E. [Computed tomographic torsion-angle and length measurement of the lower extremity. The methods, normal values and radiation load]. Rofo. © Georg Thieme Verlag Stuttgart • New York; 1992 Sep;157(3):245–51.

(4) Tomczak RJ, Guenther KP, Rieber A, Mergo P, Ros PR, Brambs HJ. MR imaging measurement of the femoral antetorsional angle as a new technique: comparison with CT in children and adults. American Journal of Roentgenology. American Public Health Association; 1997 Mar;168(3):791–4.

(5) Decker S, Suero EM, Hawi N, Müller CW, Krettek C, Citak M. The physiological range of femoral antetorsion. Skeletal Radiol. Springer Berlin Heidelberg; 2013 Nov;42(11):1501–5.

(6) Cordier W, Katthagen BD. [Femoral torsional deformities]. Orthopade. 2000;29(9):795–801.

(7) Ireland ML, Willson JD, Ballantyne BT, Davis IM. Hip strength in females with and without patellofemoral pain. JOrthopSports PhysTher. 2003;33(11):671–6.

(8) Nelitz M, Wehner T, Steiner M, Dürselen L, Lippacher S. The effects of femoral external derotational osteotomy on frontal plane alignment. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. Springer Berlin Heidelberg; 2014 Nov;22(11):2740–6.

(9) Hernandez RJ, Tachdjian MO, Poznanski AK, Dias LS. CT determination of femoral torsion. American Journal of Roentgenology. 1981 Jul;137(1):97–101.

(10) Murphy SB, Simon SR, Kijewski PK, Wilkinson RH, Griscom NT. Femoral anteversion. J Bone Joint Surg Am. 1987;69(8):1169–76.

(11) Yoshioka Y, Cooke TD. Femoral anteversion: assessment based on function axes. J Orthop Res. 1987;5(1):86–91.

(12) Schneider B, Laubenberger J, Jemlich S, Groene K, Weber HM, Langer M. Measurement of femoral antetorsion and tibial torsion by magnetic resonance imaging. BrJRadiol. American Public Health Association; 1997 Jun;70(834):575–9.

Komplexer Fall 1 (René Attal)

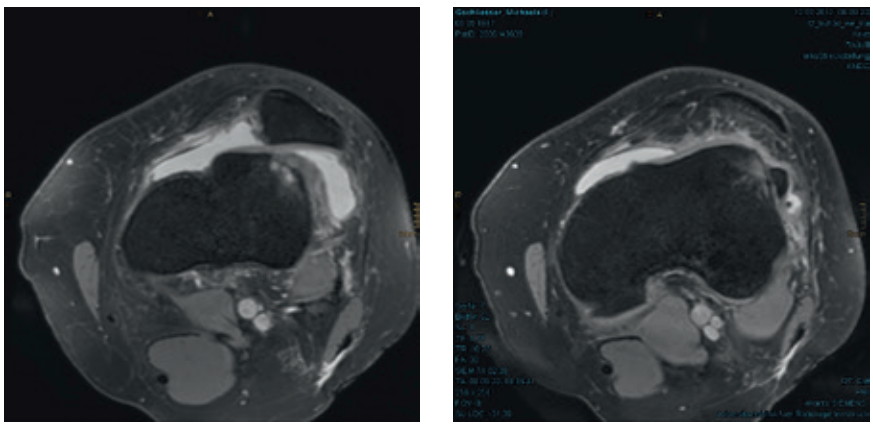
Eine 25 Jahre alte Patientin präsentiert sich mit multiplen Patellaluxationen des linken Kniegelenks seit Kindheit. Die Patientin leidet unter der instabilen Situation, da ihr Aktivitätsniveau dadurch deutlich herabgesetzt ist.

Nach diagnostischer Aufarbeitung zeigen sich folgende Befunde:

- Instabilität der Patella von 0°-60°. Deutliche Lateralisation der Patella und positives J-sign.
- Zwischen 60° und 90° läuft die Patella stabil in der Trochlea.
- Apprehensiontest positiv
- Trochleadysplasie Grad D nach Dejour
- Innenrotationsfehlstellung von 33°
- TTTG Distanz 26 mm

Der präoperative Befund der Röntgenserie ist in Abbildung 1 (◘ **Fall 1: Abb. 1**) dargestellt. Die Ausgangslage des Gleitlagers in der MRT Untersuchung wird in Abbildung 2 (◘ **Fall 1: Abb. 2**) verdeutlicht.

Fall 1: Abb. 1a bis **Abb. 1c** ▲ präoperative Nativröntgen ap, seitlich, Patella axial: Es zeigt sich ein ausgeprägtes Crossing sign, eine Doppelkontur und ein Bump, sodass eine Dysplasie Typ D des Patellofemoralen Gleitlagers vorliegt. Im anteposterioren Röntgen lässt sich bereits die Rotationsfehlstellung erahnen. © 2016 AGA-Komitee-Knie-Patellofemoral



Fall 1: Abb. 2a und **Abb. 2b** ▲ Die MRT des Patellofemoralen Gleitlagers zeigt eine lateralisierte Patella und inzipiente Arthrose (a). Die Morphologie entspricht einer Dysplasie Grad D nach Dejour (b). © 2016 AGA-Komitee-Knie-Patellofemoral

Operativer Therapieplan:

Derotationsosteotomie, Trochleaplastik und MPFL Rekonstruktion mit Gracilissehne als einzeitiger Eingriff.

Die Operationsschritte wurden in folgender Reihenfolge durchgeführt:

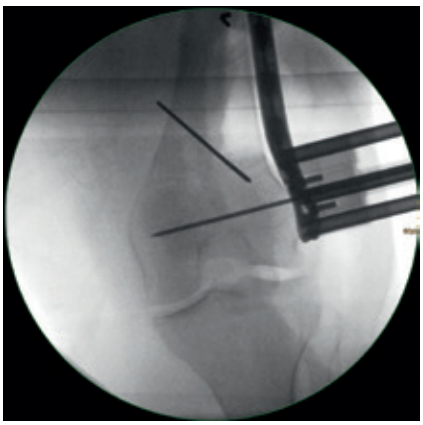
1. Derotationsosteotomie 15° und Stabilisierung mittels lateraler Tomofixplatte (◘ **Fall 1: Abb. 3** und **Abb. 4**).

2. Vertiefende Trochleaplastik nach Bereiter, Fixation mittels Vicrylband 5mm und 3x Pushlock.

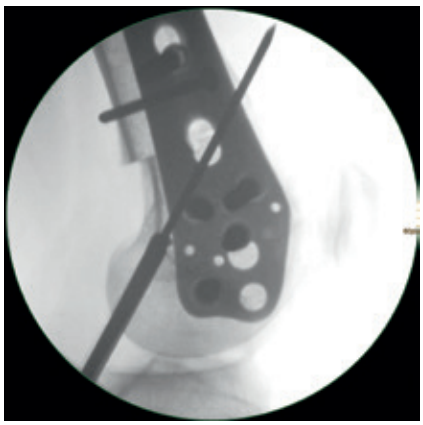
3. MPFL Plastik mittels Gracilissehne in der Schöttle Technik (◘ **Fall 1: Abb. 5**)

Die Abbildungen 6-8 (◘ **Fall 1: Abb. 6a+b** bis **Abb. 8**) zeigen das postoperative radiologische und arthroskopische Ergebnis.

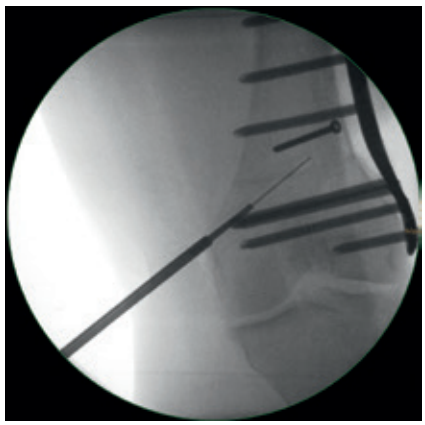
Die Patella läuft stabil und zentriert. Zur Jahreskontrolle ist die Patientin völlig schmerzfrei. Das Patellatracking imponiert regelrecht, es liegt kein J-sign mehr vor, der Apprehension Test ist mittlerweile ebenfalls negativ. Es bestehen keine Beschwerden beim Treppensteigen oder Einnehmen der tiefen Hocke. Es kam trotz sportlicher Belastung zu keinen Subluxationen oder Luxationen der Kniescheibe. Im Rahmen der Metallentfernung wird eine Re-Arthroskopie des Kniegelenks zur Beurteilung des Knorpel im patellofemoralen Gleitlager durchgeführt (◘ **Fall 1: Abb. 8**). Es zeigen sich im wesentlichen Knorpelveränderungen Grad 1 nach Outerbridge. Lokalisiert zeigen sich zentral im neu geschaffenen Gleitlager Grad 2 Veränderungen.



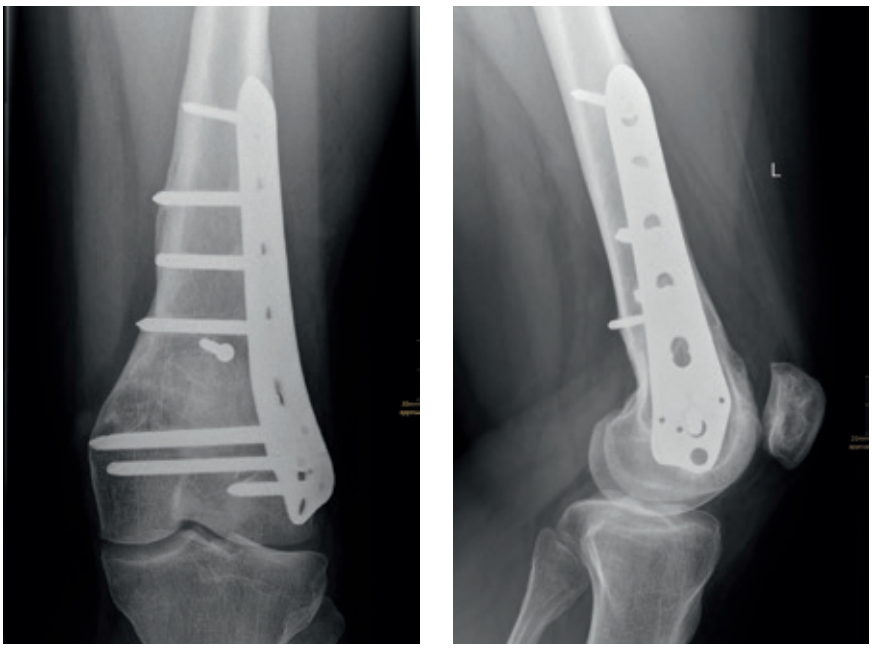
Fall 1: Abb. 3 ▲ Die biplanare Osteotomie wurde bereits gesägt. Der mediale Kortex ist noch intakt. Die Plattenlage wird nun distal überprüft und in der Folge werden die distalen Schraubenlöcher besetzt. Die Markierungsdrähte proximal und distal der Osteotomie sind in situ. Durch Außenrotation am Unterschenkel wird die mediale Kortikalis gebrochen und die Kirschnerdrähte parallel überlagert. © 2016 AGA-Komitee-Knie-Patellofemoral



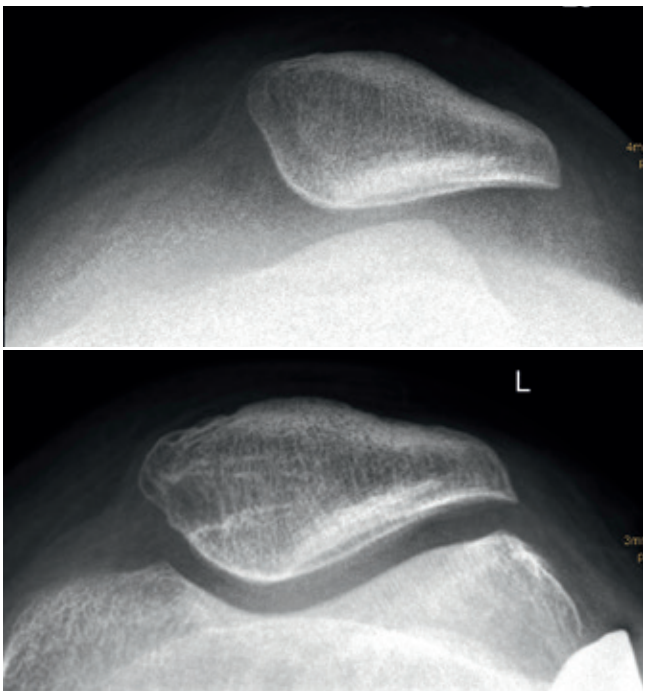
Fall 1: Abb. 4 ▲ Wenn die Derotationsosteotomie mit der Trochleaplastik kombiniert wird, sollten die distalen anterioren Schrauben nicht besetzt werden, da diese die Vertiefung der Trochlea behindern können.
Der Schöttlepunkt ist auch bei liegender lateraler Platte eindeutig zu identifizieren. Der Ösendraht für den Femoral Bohrkanal mus etwas steiler eingebracht werden, um lateral anterior der Platte vorbei zu laufen.
© 2016 AGA-Komitee-Knie-Patellofemoral



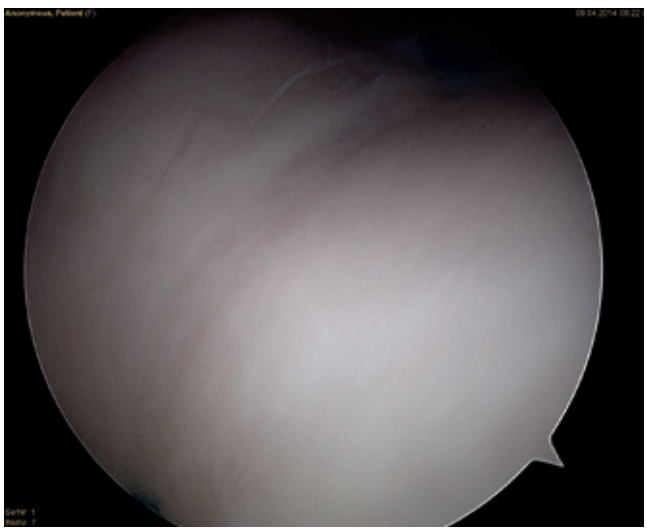
Fall 1: Abb. 5 ▲ Im letzten Schritt wird das MPFL femoral mit einer Biointerferenzschraube fixiert. © 2016 AGA-Komitee-Knie-Patellofemoral



Fall 1: Abb. 6a und **Abb. 6b** ▲ Postoperative Röntgenbilder ap (a), seitlich (b). © 2016 AGA-Komitee-Knie-Patellofemoral



Fall 1: Abb. 7 ▲ Merchant Aufnahme li präoperativ, rechts postoperativ: es zeigt sich die Vertiefung der Trochlea und Verringerung des Sulcuswinkels. © 2016 AGA-Komitee-Knie-Patellofemoral



Fall 1: Abb. 8 ▲ Arthroskopische Evaluierung der Trochlea im Rahmen der Metallentfernung 1 Jahr postoperativ. © 2016 AGA-Komitee-Knie-Patellofemoral

Komplexer Fall 2 (René Attal)

Eine Patientin mit rezidivierenden Patellaluxationen beidseits seit Kindheit wird im 25. Lebensjahr vorstellig. Es bestehen keine Voroperationen. Laut Patientin stehen die Beschwerden der rechten Seite im Vordergrund.

An klinischen Befunden zeigt sich ein Trochleadysplasie Typ D nach Dejour und eine hochgradige Dysplasie nach den Kriterien von Nelitz bereits nativradiologisch (◘ **Fall 2: Abb. 1**).

Dies hat ein hoch positives J-sign und eine Instabilität der Patella zwischen 0° und 90° zur Folge. Ab 30° Beugung läuft die Patella außerhalb des Gleitlagers lateral. Die Patellahöhe ist mit der Ratio 1,2 nach Caton Dechamps gerade noch im Normbereich. Die CT Untersuchung des Gleitlagers zeigt eine fehlende mediale Facette, der TTTG Abstand beträgt 26mm (◘ **Fall 2: Abb. 2**). Die Beinachse ist leicht varisch (◘ **Fall 2: Abb. 3**), die Femurtorsion mit 17° Innenrotation im Normbereich.

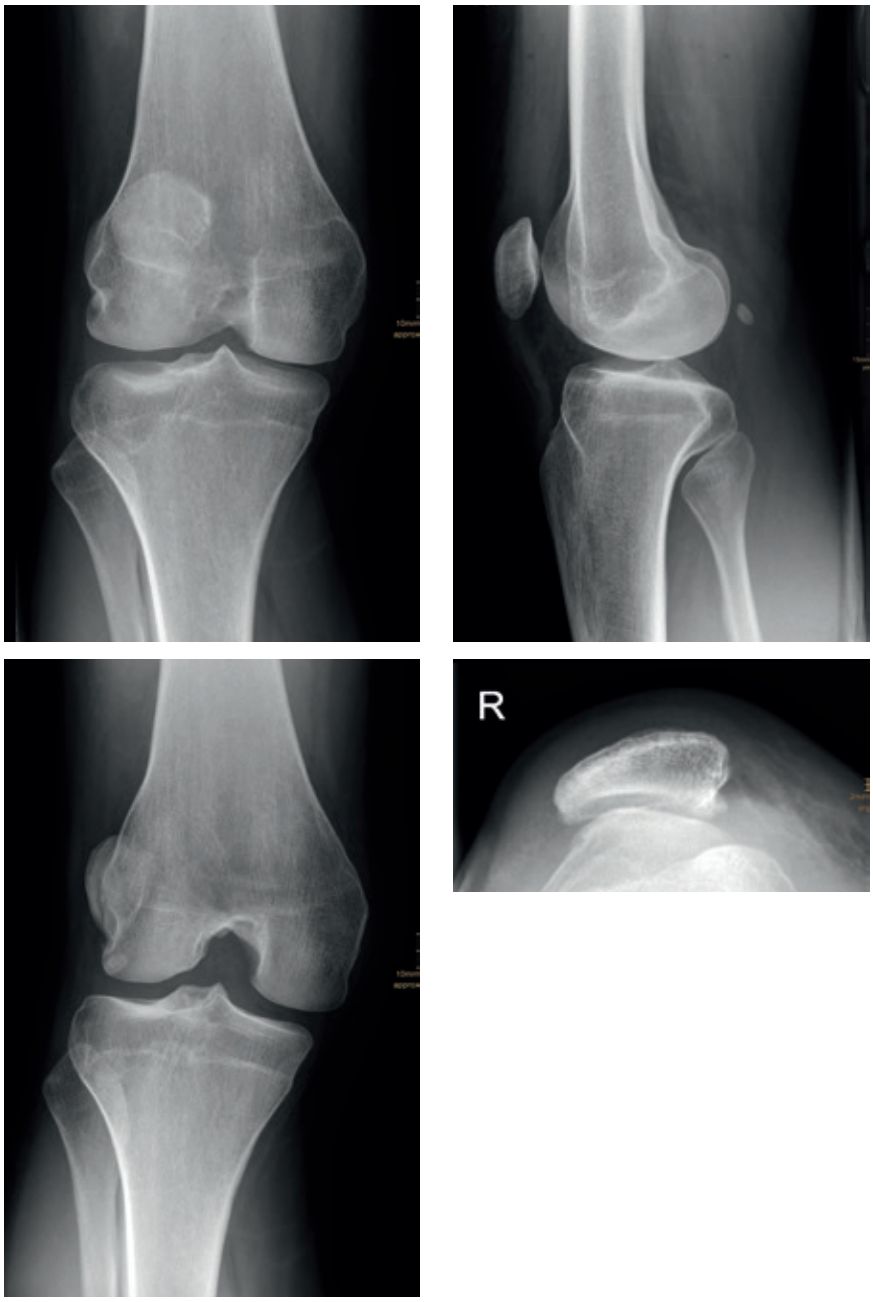
Der Kombinationseingriff wurde in folgender Reihenfolge durchgeführt:

1. Lateraler Zugang zur Trochlea mit Kulissenschnitt zur späteren lateralen Verlängerung

2. Verlängerung nach distal und Osteotomie der Tuberositas tibiae bei TTTG von 26 mm. Dadurch erleichterte Einsicht auf die Trochlea

3. Von proximal kommend Abtragen des „Bump“ und Unterminierung der lateralen Facette der Trochlea

4. Vervollständigung der Trochleaplastik mit Schaffung einer zentralen Rinne, die in die flache mediale flache Facette ausläuft. Ein lateraler Wall wird im Sinn



Fall 2: Abb. 1a bis **Abb. 1d** ▲ Röntgen rechtes Kniegelenk ap a), seitlich b), c) Stehend Aufnahme in 15° Beugung, und d) Patella axial. Es zeigt sich die Patella in 15° Beugung bereits außerhalb der Trochlea verlaufend. Trochleadysplasie Typ D. © 2016 AGA-Komitee-Knie-Patellofemoral

der Bereiter Methode geschaffen. Der abgelöste Knorpel wird mit einem 5 mm Vicrylband und 3 Ankern refixiert.

5. Die Tuberositas tibiae wird mit zwei Kirschnerdrähten der Stärke 2,0 temorär fixiert. eine Medialisierung um 10 mm wird getestet. Es zeigt sich dabei weiterhin eine Luxationstendenz nach lateral, da die Patella nicht optimal in das neu geschaffene Gleitlager eingleiten kann. Erst durch zusätzliche Proximalisierung und laterale Facettektomie kommt es zu einem zufriedenstellenden Patellatracking (◘ **Fall 2: Abb. 4a** bis **Abb. 4c**).

6. MPFL Rekonstruktion mittels Gracilissehne

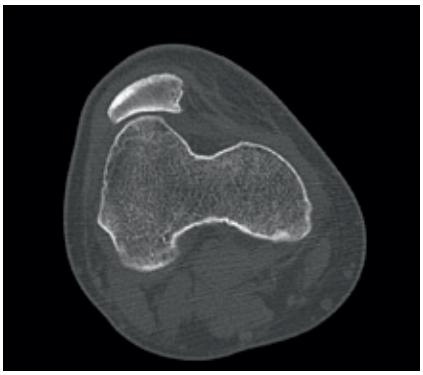
7. Laterale Verlängerung nach Biedert

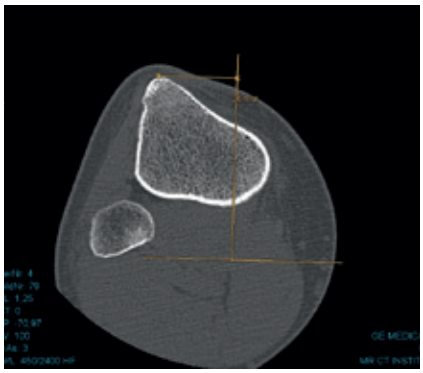
Am Ende der Operation verläuft die Kniescheibe stressfrei im neu geschaffenen Gleitlager. Das J-sign ist nicht mehr nachweisbar, die Stabilität der Kniescheibe in allen Beugegraden gegeben.

Postoperativer Verlauf: Stationärer Aufenthalt 7 Tage mit analgetischer und antiphlogistischer Therapie, Kryotherapie und Lymphdrainagen. Die abrollende Mobilisation erfolgt im Kniebrace für 6 Wochen. Limitierung 0-30°-30° für 14 Tage, anschließend 0-0-60° für 2 Wochen und schließlich 0-0-90° ab der 5-6. Woche. Vollbelastende Mobilisation ohne Kniebrace ab Woche 7.

In Woche 6 erreicht die Patientin bereits 90° Flexion. In der Folge freie Beweglichkeit ohne erneutes Luxationereignis. Die Patientin wünscht die operative Versorgung der Gegenseite. Abbildung 5 und 6 (◘ **Fall 2: Abb. 5a** bis **Abb. 5b** und **Abb. 6**) zeigen das postoperative Ergebnis nativradiologisch und eine magnetresonanztomographische Schicht durch das Patellofemorale Gleitlager.

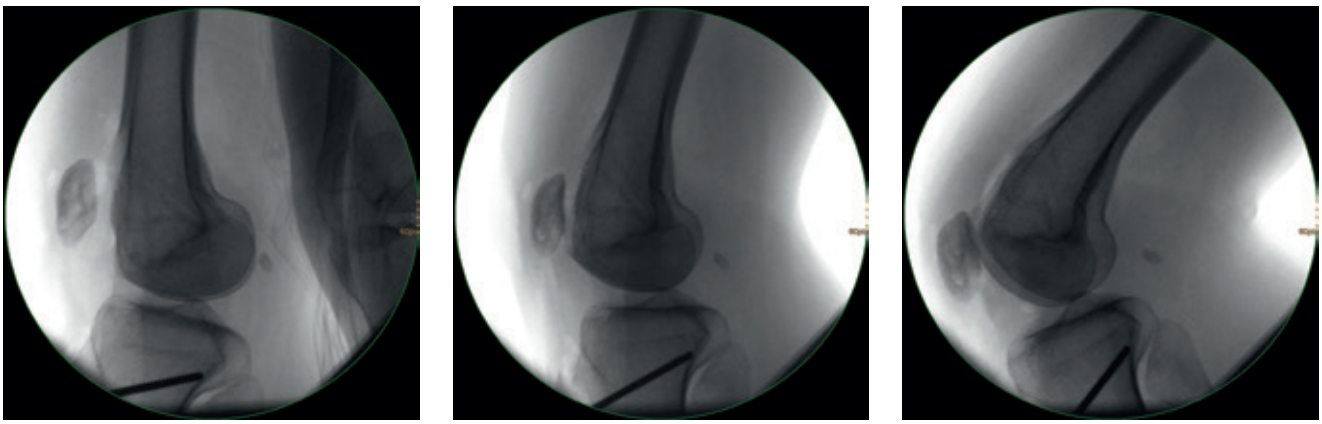
Die Patella läuft zentriert in einem neu geschaffenen Gleitlager.



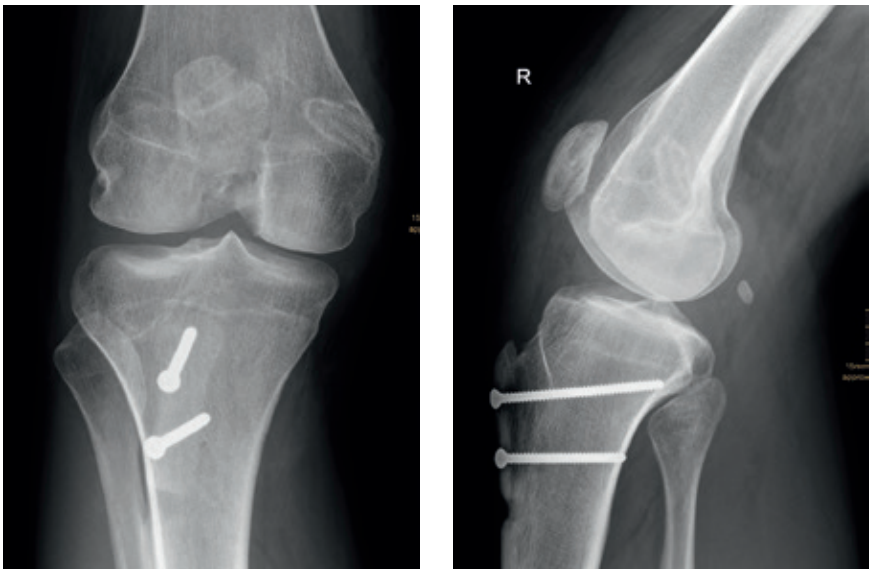


Fall 2: Abb. 2a und **Abb. 2b** ▲ a) CT der Trochlea mit fehlender medialer Facette des Gleitlagers. Die Patella reitet ein kurzes Stück auf der lateralen Facette. b) der TTTG Abstand ist mit 26 mm deutlich pathologisch. © 2016 AGA-Komitee-Knie-Patellofemoral

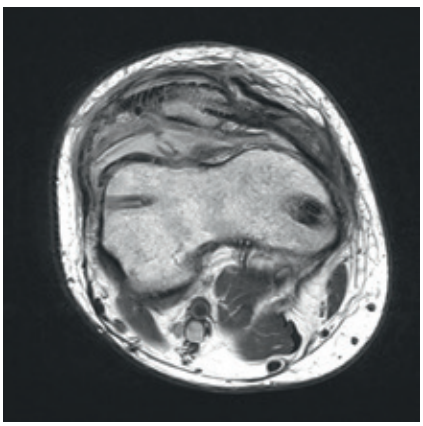
Fall 2: Abb. 3 ▲ Die Beinganzaufnahme zeigt eine leicht varische Beinache. © 2016 AGA-Komitee-Knie-Patellofemoral



Fall 2: Abb. 4a bis **Abb. 4c** ▲ Testung des Patellalaufs und Verhältnis zum Gleitlager im seitlichen intraoperativen flouroskopischen Bild. a) Stellung der Patella in voller Streckung. b) in 30° Beugung c) in 90° Beugung. © 2016 AGA-Komitee-Knie-Patellofemoral



Fall 2: Abb. 5a und **Abb. 5b** ▲ Postoperatives Ergebnis nach Trochleaplastik mit Abtragung des lateralen Bump, Medialisierung und Kranialisierung der Tuberositas tibiae, MPFL Plastik mittels Gracilissehne, laterale Facettektomie der Patella und lateraler Verlängerung des Retinakulums. Die Patella läuft zentriert. © 2016 AGA-Komitee-Knie-Patellofemoral



Fall 2: Abb. 6 ▲ Das axiale MRT postoperativ zeigt das neu gebildete Gleitlager. Die Patella läuft zentral. Die Gacilissehne der durchgeführten MPFL Plastik kommt zur Darstellung. © 2016 AGA-Komitee-Knie-Patellofemoral

Komplexer Fall 3 (Gerd Seitlinger)

Eine 23 Jährige Patientin stellt sich mit rezidivierenden Patellaluxationen beidseits seit Kindheit vor. Sie ist zunehmend in ihrer Mobilität eingeschränkt. Sie geht mit nahezu gestreckten Kniegelenken um eine Luxation zu verhindern. Es bestehen keine Voroperationen. Die Beschwerden rechts sind führend.

An klinischen Befunden zeigt sich neben dem auffälligen Gangbild eine erhöhte Femur- und Tibiatorsion. Der Fuß zeigt beim gehen etwa 20° nach aussen. Der Q-Winkel beim Gehen ist erhöht. Deutliches J-sign. Der Apprehension Test ist positiv bis etwa 60°, es findet sich eine erhöhte Verschieblichkeit der Patella nach lateral und medial.

Bildgebung:

Röntgen KG ap, seitl. und Patella tangential:
Canton-Dechamps > 1.2, keine höhergradige Trochleadysplasie, Patella lateralisiert

Ganzbeinaufnahme rechts:
Genu Valgum 7°

MRT Knie rechts:
Patella verkippt und lateralisiert, MPFL: keine Ruptur nachweisbar, TT-PCL >24mm

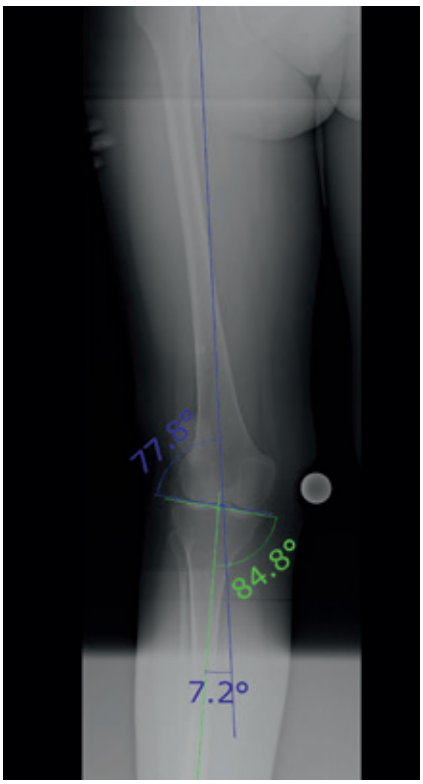
CT Torsionsvermessung:
Femur Torsion > 30°, Tibia Torsion 40°, TT-TG >20mm

Der Kombinationseingriff wurde in folgender Reihenfolge durchgeführt:

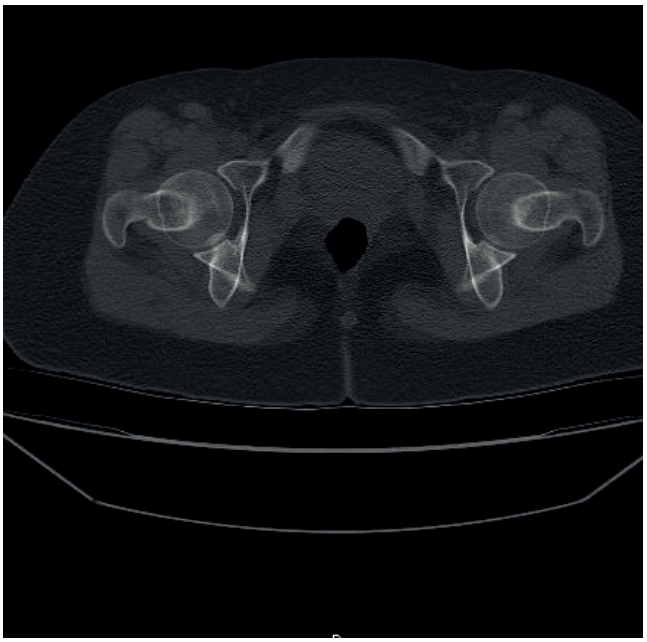
1. Laterale biplanare distale Femurderotation und Varisation, Fixation mit winkelstabiler Platte

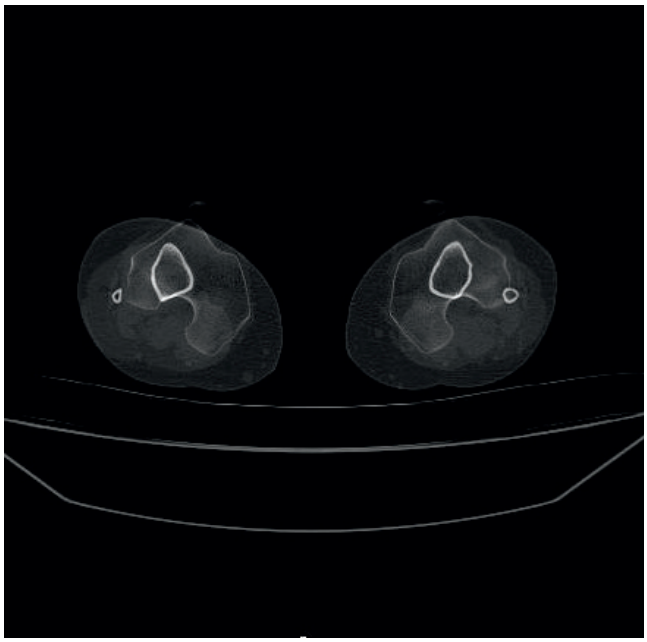
2. Klinische Kontrolle, pathologisch erhöhte Aussendrehung des Fußes

3. Lateraler Zugang zur proximalen Tibia, Durchführen einer Tuberositas Osteotomie, danach proximale Tibiaosteotomie in 90° zur Schaftachse, Derotation und Fixation mit winkelstabiler Platte, danach Distalisierung und Medialisierung der Tuberositas, temporäre Fixation und Kontrolle des Patella Laufes.



Fall 3: Abb. 1, Abb. 2 und **Abb. 3** ▲ Röntgen prä OP: Patella alta, keine Trochleadysplasie, Lateralisation der Patella, Genu valgum © 2016 AGA-Komitee-Knie-Patellofemoral





Fall 3: Abb. 4 und **Abb. 5** ▲ CT Hüfte und Knie prä OP: pathologisch erhöhte Femurtorsion sowie vermehrter TT-TG Abstand © 2016 AGA-Komitee-Knie-Patellofemoral

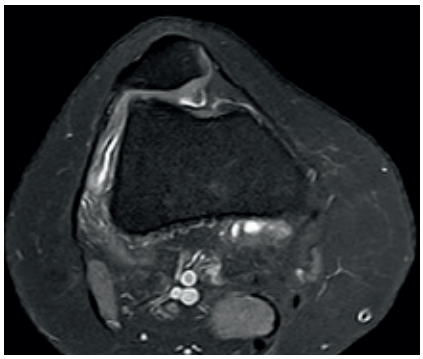
Fall 3: Abb. 7 bis **Abb. 9** ▲ 6 Wochen post OP Röntgen: Platten in situ, Osteotomie noch sichtbar, Patella zentriert. © 2016 AGA-Komitee-Knie-Patellofemoral

4. Es zeigt sich ein zentrales Eingleiten der Patella ohne Lateralisation. Die Weichteile sind balanciert. Eine laterale Retinakulum Verlängerung oder MPFL Rekonstruktion scheint daher nicht nötig.

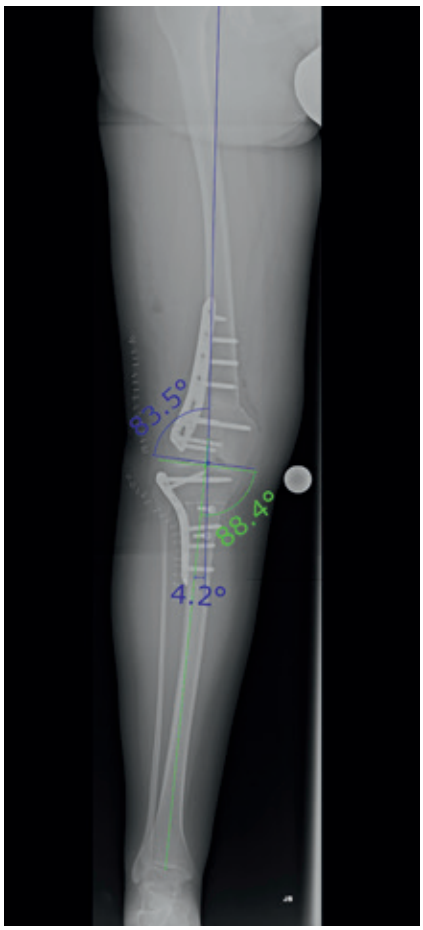
5. Fixation der Tuberositas mit 2 Kleinfragment Schrauben und schichtweiser Wundverschluß

Postoperativer Verlauf: Stationärer Aufenthalt 7 Tage mit analgetischer und antiphlogistischer Therapie, Kryotherapie und Lymphdrainagen. Die Mobilisation erfolgt ohne Orthese. Belastung mit ½ Körpergewicht für 6 Wochen. ROM frei. Vollbelastende Mobilisation ab Woche 7.

Nach der 8. Woche konnte die Patientin schmerzfrei Vollbelasten. Eine freie Beweglichkeit wurde nach 6 Wochen erreicht. Die Jahreskontrolle ist noch ausständig.



Fall 3: Abb. 6 ▲ MRT prä OP: Patella lateralisiert. © 2016 AGA-Komitee-Knie-Patellofemoral



Fall 3: Abb. 10 ▲ Post OP Ganzbeinaufnahme: Korrekturziel von 0° nicht erreicht, Restvalgus von 4°. © 2016 AGA-Komitee-Knie-Patellofemoral

12. Surgical Treatment of Pediatric Patella Instability

(Jason Silberman, Elizabeth Gausden, Eva Luderowski, Daniel Green)

12.1 Background

Patellofemoral instability has been estimated to affect between 5.8 and 43 children and adolescents per 100,000.[1,2] While some authors have described the prevalence to be higher in girls than boys[2-4], recent studies have shown an even distribution between these two groups.[5,6]

Nearly 90% of primary patellar dislocations result in medial patellofemoral ligament (MPFL) injuries.[7-9] In the past 15 years, studies have demonstrated superior outcomes following reconstruction of the MPFL as compared to MPFL repair or medial imbrication.[5,6,10-12]

This article will briefly discuss the classification system we use to describe the different types of pediatric patella dislocations and provide insights into the risk factors for recurrence following first-time traumatic patellar dislocations. Finally this review will explore the various surgical treatment options for pediatric patellofemoral instability.

12.2 Classification

Historically, pediatric patella dislocations were categorized as either traumatic or congenital.[13] We group pediatric patella dislocations into three main categories: traumatic (acute or recurrent), obligatory (either in flexion or extension), and fixed lateral. Each classification can be further subtyped as syndromic based on the presence of genetic condition or orthopedic syndromes that predisposes patients to patellofemoral instability (◘ Table 1).[3] Examples include Ehlers-Danlos syndrome, Marfan disease, Down syndrome, Nail-Patella syndrome and skeletal dysplasias, and cerebral palsy.[3]

Traumatic patella dislocations account for the majority of patellar dislocations. Studies suggest that between 60-70% of patellar dislocations occur during sports-related activities[5,6,14]. Following an acute traumatic dislocation, patients may experience recurrent dislocations that occur with less traumatic impact. Dislocations that occur during every incidence of knee flexion and reduce with knee extension, or that occur during every incidence of knee extension and reduce with knee flexion, are considered to be **obligatory**. A dislocation characterized as fixed **lateral** refers to patients whose patella remains irreducibly dislocated lateral to the trochlea throughout extension and flexion. This form of patellar dislocation is rare and usually associated with other congenital anomalies.

◘ Table 1 Classification of Pediatric Patellar Dislocation

Type	Features
Traumatic	
Acute	Initial dislocation event due to trauma
Recurrent	Repeated patella dislocations after a traumatic primary dislocation , typically requiring less energy with subsequent episodes
Obligatory	
Flexion	Dislocates laterally with every episode of knee flexion
Extension	Dislocates laterally with every episode of knee extension (severe J sign)
Fixed Lateral	Irreducible, lateral dislocation (rare)
+/- Syndromic	Associations including, but are not limited to, skeletal dysplasia, nail patella syndrome, Marfan disease, Ehlers-Danlos, cerebral palsy, Downs Syndrome

12.3 Pediatric Risk Factors for Recurrence

The rate of recurrent traumatic dislocation is reported between 31% and 89%.[5,6,14-21] However, recent literature has led to a better understanding of the anatomic and clinical risk factors that predispose one to recurrent dislocation.[5,6,17,18,21,22]

12.3.1 Sex

The rate of recurrent dislocation is influenced by both demographic as well as anatomic risk factors. Fithian et al.[14] investigated the natural history of 189 patellar dislocations and reported that females between the ages of 10 and 17 to have nearly three times the risk of recurrent patellofemoral instability than their male counterparts. However, recent studies authored by Jacquith et al.[6] and Lewallen et al.[5] have found no increased risk for recurrent instability amongst females.

12.3.2 Skeletal Immaturity

Children and adolescents are frequently reported to have the highest risk of recurrent patellar instability.[5,6,18] Jacquith et al.[6] reported that children with open or closing physes had a recurrence rate of 43.3% compared

to a rate of 21.6% amongst a cohort of adolescents with closed physes (p=0.0009). Furthermore, Lewallen et al.[5] investigated a cohort of both children and adults and found that patients with skeletally immature physes had more than twice the risk of recurrent patellofemoral instability than patients with mature physes (p<0.01). In addition, the authors reported that patients up to the age of 25 had a significantly higher risk of recurrent instability.

12.3.3 Anatomic Risk Factors

There are a number of anatomic risk factors that increase the likelihood of recurrent episodes of patellar instability. These anatomic factors of patellofemoral malalignment include trochlear dysplasia, genu valgum, femoral anteversion, external tibial torsion, increased the Q angle, elevated TT-TG, patella alta, decreased patella engagement or articular overlap, and ligamentous laxity.[23]

12.3.4 TT-TG

The tibial tubercle to trochlear groove (TT-TG) distance describes the lateral distance or deviation between the tibial tubercle relative to the center of the trochlea in the axial plane. Patients with increased TT-TG distances are at a higher risk for patellofemoral instability. While this measurement was initially designed based on axial computed tomography (CT) scans with the knee extended, Dejour et al.[24] demonstrated the measurement's reliability with the knee flexed at 30°. Schoettle et al.[25] later confirmed the reliability of the TT-TG measurement using magnetic resonance imaging (MRI). In a study of 608 pediatric MRIs, Dickens et al.[26] found the TT-TG distance to be positively correlated with the natural logarithm of age. For patients without patellar instability, the average TT-TG distance was measured at 8.5 mm, while patients with patellar instability had a TT-TG distance of 12.1 mm. Therefore, when measuring TT-TG values in pediatric patients, it is important to use the age-related normal values rather than the fixed adult parameters.[23]

Seitlinger et al.[27] described the distance between the tibial tubercle and the medial border of the posterior cruciate ligament (TT-PCL) as a measurement of tibial tubercle lateralization. The authors demonstrate that the TT-PCL measurement is independent of knee rotation or trochlea shape. They hypothesize that the TT-TG measurement overestimates the extent of tibial tubercle lateralization. Their study, which included pediatric patients, reported that 43% of patients with a clinically significant TT-TG distance of >20 mm had normal positioning of the tibial tubercle, as measured by a TT-PCL less than 24 mm.

12.3.5 Patella Alta

Patella alta is another anatomic variant frequently associated with patellofemoral instability.[5,6,24,28-37] While a variety of parameters have been described, we prefer to use the Caton-Deschamps Index (CDI) and the Insall-Salvati Index. A CDI greater than 1.20 or Insall-Salvati Ratio (ISR) greater than 1.2 constitutes patella alta. Jacquith et al.[6] reported in their study of 266 knees that patients with a CDI > 1.45 had a statistically significant risk of recurrence of 52.3%. Lewallen et al.[5] reported patella alta to be associated with a hazard ratio of 1.61 (1.07. 2.43; p=.02) and a five year recurrence rate of 47%.

12.3.6 Trochlea

The patella is normally stabilized during flexion and extension by both osseous and soft-tissue structures within the knee. Between 0° and 30° of knee flexion, the soft tissues and MPFL in the medial aspect of the knee are the primary restraint to prevent a patella from lateral dislocation. As the knee flexes beyond 30°, the trochlea's anatomic structure provides for an osseous constraint preventing lateral dislocation. Therefore, patients with trochlea dysplasia lack the proper osseous anatomy, thus increasing their predisposition to patellofemoral instability beyond 30° of flexion.

A recent abstract by Tompkins et al.[21] identified trochlear dysplasia, skeletal immaturity, and patella alta to be the three biggest risk factors for recurrence. With all three of these risk factors, the predicted recurrence rate is 89.9% for males and 75.7% for females. In skeletally immature patients with patella alta and normal trochlea morphology, the predicted risk of recurrence drops to 46.5% for males and 23.3% for females. Lewallen et al.[5] reported similar findings in her study. Patients with all three risk factors had a five year risk of recurrence of 70.4%, while patients younger than 25 years of age with patella alta and normal trochlea morphology had a recurrence risk of 33.6%. In patients younger than 25 but with normal patellar height and normal trochlea morphology, the risk of recurrence dropped to 26.6%.

12.4 The MPFL and the Pediatric Patient

The MPFL originates in the sulcus between the medial femoral epicondyle and the adductor tubercle and inserts on the superior patella. Schottle et al.[38] described the radiographic position of the femoral origin of the MPFL as 1.3 mm anterior to the posterior femoral diaphysal cortex, 2.5 mm distal to the posterior origin of the medial femoral condyle, and just proximal to the posterior point of Blumensaat's line. The relationship between the MPFL to the physis has been debated in the literature.[39,40] Netlitz et al.[41] published a paper describing the femoral insertion of the MPFL in pediatric patients to be 6.4 mm distal to the femoral physis. Kepler et al.[9] reported the MPFL insertion site to average 5 mm distal to the medial physis, however 7% of patients had insertions at the physis and 7% had a proximal insertion sites. In a cadaveric study, Shea et al.[42] measured the femoral insertion of the MPFL in six specimens. In the five specimens under the age of 11, the MPFL origin footprint was found to be distal to the medial aspect of the distal femoral physis. The one 11-year-old specimen had an MPFL origin at the level of the physis. In the two oldest specimens, the proximal extension of the MPFL was found to be proximal to the medial aspect of the distal femoral physis.

Furthermore, the zone of injury of the MPFL after a primary patella dislocation may vary between adults and pediatric patients.[43-45] In an MRI study of pediatric patients, Kepler et al.[9] found 61% of MPFL tears were associated with the patellar insertion and only 12% to be associated with the femoral origin of the ligament. In another pediatric MRI study, Seeley et al.[43] found that 31% of patients in their cohort experienced isolated MPFL injuries at the patellar insertion while 14% experienced isolated injuries at the femoral origin. Zaidi et al.[44] reported similar results, as 73% of their pediatric cohort had an MPFL injury at the patellar insertion, and 15% had an injury at the femoral attachment. In an MRI study, Weber-Spickschen et al.[46] studied a cohort of patients with an average age of 23.2 years (14-39 years). Unlike the previously cited studies, Weber-Spickschen et al. found that the majority of their cohort experienced femoral based tears, while only 12% had patellar based tears.

12.5 Indications

In first-time dislocators who have no risk factors for patellofemoral instability, a trial of nonoperative management including activity modification and strengthening is a standard approach. However, a randomized controlled trial by Bitar et al.[47] compared the outcomes of nonoperative treatment and MPFL reconstruction following a primary patellar dislocation in patients aged 12-38 years. The authors found the operative treatment group to have significantly better outcomes, as measured by post-treatment Kujala scores, compared to the nonoperative group. In addition, there were 7 cases of recurrent instability (35% of cases) in the nonoperative group, compared to 0 cases for the operative group. Recent literature suggests that first-time dislocators who are skeletally immature and have trochlear dysplasia may benefit from surgical treatment.[22] Patients who experienced multiple events of patellofemoral instability will require surgical management to prevent articular damage. The authors' preferred algorithm for patellofemoral instability takes into account presence of osteochondral lesions, number of events, anatomic risk factors, and skeletal maturity.[23]

12.6 Overview of Surgical Techniques

As results from MPFL reconstruction are encouraging and superior to medial repair alone,[48-50] the primary procedure used to restore patellofemoral stability is MPFL reconstruction. Multiple techniques for reconstructing the MPFL or producing a proximal realignment have been reported. In patients with increased age-specific TT-TG, MPFL reconstruction is often combined with a distal realignment procedure to improve patellar tracking.

12.7 Overview of Surgical Techniques- Pediatric MPFL Reconstruction

Various techniques have been described for MPFL reconstruction in pediatric patients, all sharing the goal of recreating a medial checkrein to prevent further patellar instability. Commonly, the semitendinosus or gracilis is harvested from the patient to use for the reconstruction. Alternatively, a pedicled quadriceps tendon, pedicled adductor tendon, and a pedicled patellar tendon graft have also been described.[50-52] A variety of graft fixation constructs have also been reported, including tenodesis screw fixation, bone tunnel fixation, and suture anchor fixation. The authors' preferred method of MPFL reconstruction uses a double-bundle hamstring autograft secured by tenodesis screws. This procedure and others used for MPFL reconstructions are detailed below:

Double-Bundle Hamstring Autograft with Use of Patellar and Femoral Sockets

The author's preferred technique is to use a double-bundle hamstring autograft with the use of short patellar and femoral sockets (**Figure 1A**). The femoral socket is identified on both lateral and AP radiographs to verify that the guidewire is positioned distal to the distal femoral physis. Schottle's point is used as a radiographic landmark in identifying proper placement of the guidewire (**Figure 2**). The sockets are then drilled and the graft length is adjusted so that the patella is held within the trochlea while the knee is between 20° and 30° of flexion. While the knee is extended, the reconstructed MPFL graft length allows for lateral patella movement of up to 1/4 the width of the patella in relation to the lateral edge on the trochlea.[8] When the lateral retinaculum is taut and prevents neutral patellar tilt or centralization of the patella within the trochlea, we perform a lateral retinacular lengthening with care taken not to move the patella too far medially.

Outcomes following MPFL reconstruction in skeletally immature children and adolescents have been promising.[53-55] Nelitz et al.[54] reported the outcomes of MPFL reconstruction in 21 pediatric patients with an average age of 12.2 years. After an average follow-up of 2.8 years, the authors reported no recurrent dislocations, and 17 out of 21 patients were able to return to their preoperative level of sports activity. In a large cohort study, Parikh et al.[55] reported the outcomes of 179 MPFL reconstructions in children and adolescents with an average age of 14.5 years. With an average follow up of 16.2 months, only 8 (4.5%) patients experienced recurrent episodes of instability.

In addition to reconstructing the stabilizing soft tissue structures within the knee, MPFL reconstruction has also been noted to have an indirect effect on patella alta.[56-58] Lykissas et al.[57] reported the CDI decreased from 1.29 to 1.15 following MPFL reconstruction ($p<.001$). Similarly, we[56] found a 15.8% correction of patella alta following MPFL reconstruction as measured by the CDI. This indirect consequence of MPFL reconstruction may be an additional factor contributing to decreased patellofemoral instability postoperatively.

Quadriceps Tendon Transfer

In a technique described by Pinkowsky and Hennrikus[59], a small medial portion of the quadriceps tendon is released proximally while the distal portion remains attached to the patella and is then passed through to the medial epicondyle through a

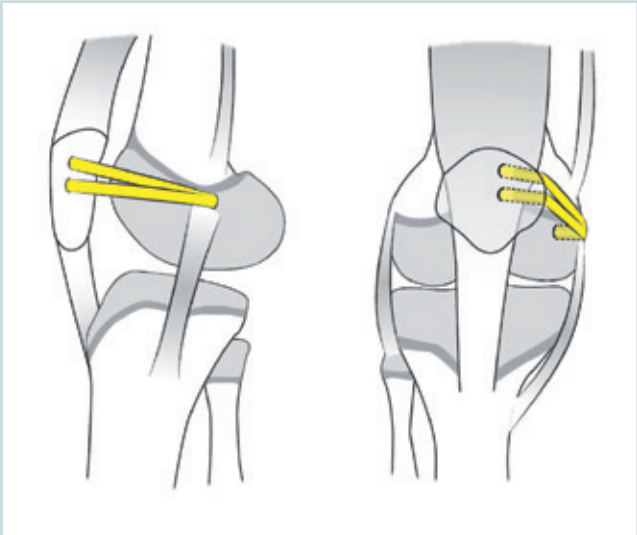


Figure 1A ▲ Double-bundle hamstring autograft with use of patellar and femoral sockets

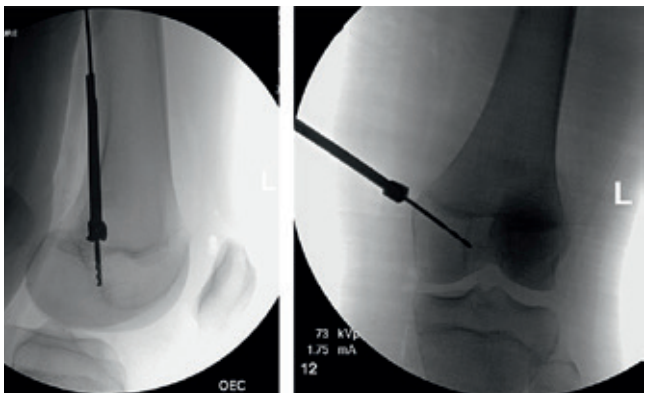


Figure 2 ▲ Intraoperative x-rays demonstrating an example of our femoral socket location in Pediatric MPFL reeconstruction

subcutaneous tunnel (◘ **Figure 1B**). Femoral fixation is achieved using suture anchors and reinforced with sutures to the medial intermuscular septum.[51,52] Goyal et al.[52] studied a cohort of 32 pediatric and adult patients for an average of 38 months, and found this procedure to improve the average Kujala score from 49.31 preoperatively to 91.25 postoperatively. Additionally, Abouelsoud et al.[60] reported improved clinical outcomes following physeal-sparing MPFL reconstruction in 16 patients with no events of recurrent instability at 29 months postoperatively.

Adductor Tendon Transfer

Sillanpaa et al.[61] described a technique in which a pedicled portion of the distal adductor tendon is harvested and passed through to the medial patella through a subcutaneous tunnel (◘ **Figure 1C**). Femoral fixation is achieved using suture anchors or incomplete osseous sockets to reconstruct the MPFL. In his 2006 study, Steiner et al.[50] reported no recurrent dislocations and a statistically significant improvement in Kujala, Lysholm, and Tegner scores postoperatively.

Hemi-Patella Tendon Transfer

In this technique, a pedicled patellar tendon is harvested and passed through to the medial incision through a subcutaneous tunnel (◘ **Figure 1D**). Femoral fixation is achieved using suture anchors or incomplete osseous sockets to reconstruct the MPFL. Bitar et al.[47] studied the outcomes of patients undergoing MPFL reconstruction using a pedicled patellar tendon and reported that nearly 72% of patients to have "good/excellent" results as measured by the Kujala score. Additionally, Bitar et al. reported no episodes of recurrent instability during their follow-up period.

Hamstring Graft with the Adductor Tendon as a Pulley

Gomes[49] describes a technique involving the adductor tendon being used as a pulley (◘ **Figure 1E**). The semitendinosus tendon is passed subcutaneously from the medial side of the patella to the adductor magnus tubercle. An osteoperiosteal tunnel is then drilled under the adductor magnus at its distal femoral insertion, and one graft end is then passed through this tunnel and sutured over itself. The two fixation sutures on the ends of the tendons are then secured to the patella with the knee in 60° of flexion. Gomes[49] followed a cohort of 12 patients under the age of 25 for an average of 53 months following MPFL reconstruction using this technique and reported that all patients were satisfied with their operation. None of the patients experienced recurrent subluxation episodes during their follow up.

Hamstring Graft with the Use of the MCL as a Pulley

Deie et al.[48] described a technique using a slit across the posterior third of the MCL to be used as a pulley (◘ **Figure 1F**). The semitendinosus tendon is then passed through the slit of the MCL and

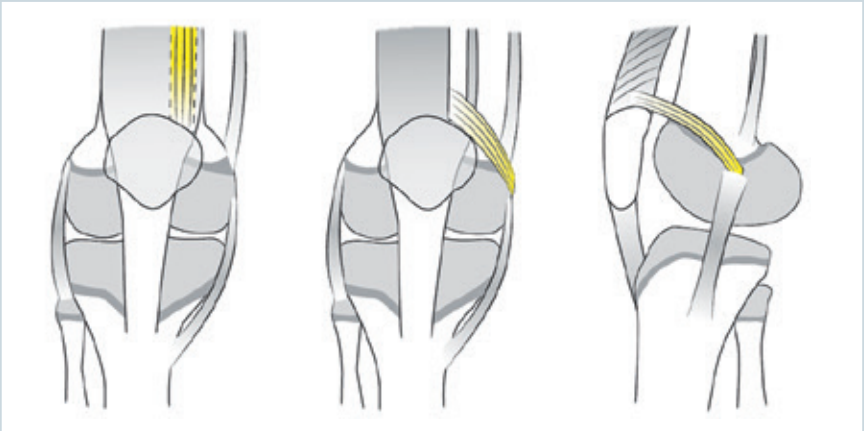


Figure 1B ▲ Quadriceps tendon transfer

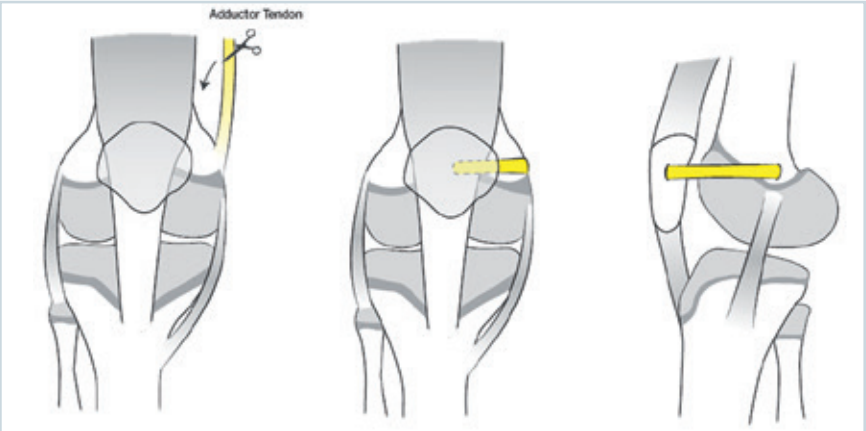


Figure 1C ▲ Adductor tendon transfer

sutured to the surface of the patella with the knee at 30° of flexion. Although no preoperative scores were reported, Deie et al.[48] reported a postoperative average Kujala score of 96.3. While the congruence angle, tilt angle and lateral shift radio were restored to normal, hypermobility and patella alta were not corrected.

12.8 Pediatric Distal Realignment

Patients with obligatory or fixed patella dislocations often require a distal realignment and a lateral retinacular release or lengthening. Furthermore, cases of obligatory patella dislocation with flexion typically require a quadriceps lengthening to restore full extension.

In patients with closed physes, a tibial tubercle osteotomy is the mainstay for distal realignment; however this is contraindicated in pediatric patients with open physes. There are several surgical options to accomplish distal realignment in skeletally immature patients.

In the Roux-Goldthwait procedure, the patella tendon is longitudinally split and the lateral half is detached from the tibial tuberosity distally (◘ **Figure 3A**). The lateral half of the patella tendon is then transferred and sutured to the medial side of the epiphysis.[3,62] Marsh et al.[62] reported that amongst a cohort of 20 pediatric patients (30 knees), 26 knee had excellent results.

Nietosvaara et al.[1] described a technique using a hamstring graft to reconstruct a new patellotibial ligament and MPFL (◘ **Figure 3B**). Using a pedicled gracilis and semitendinosus, the autograft is tunneled longitudinally through the medial half of the patella. The graft is then transferred

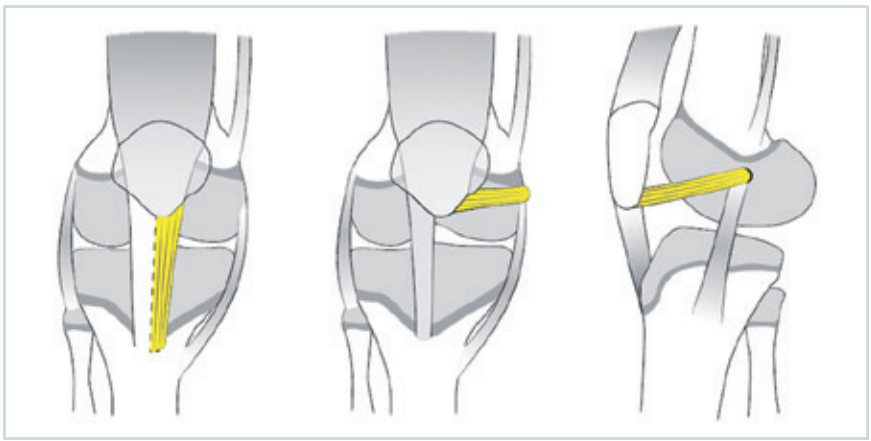


Figure 1D ▲ Hemi-patellar tendon transfer

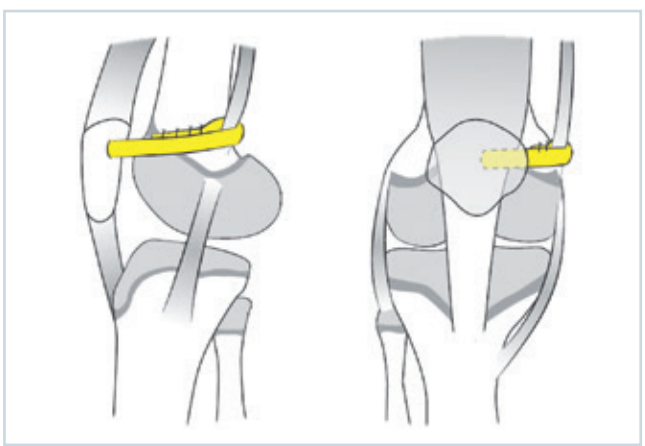


Figure 1E ▲ Hamstring graft with use of the adductor tendon as a pulley

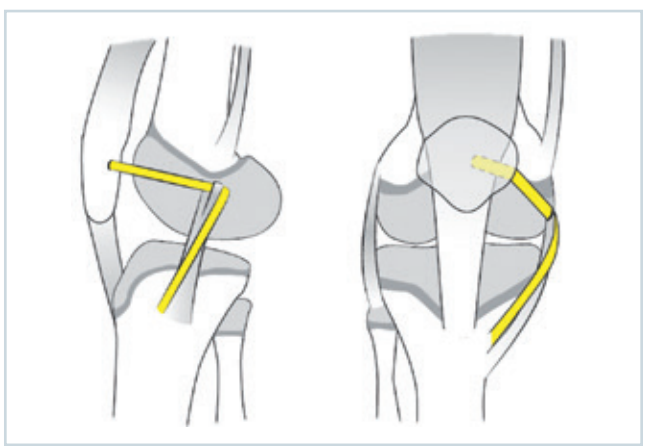


Figure 1F ▲ Hamstring graft with use of the MCL as a pulley

subcutaneously to the medial epicondyle where it is fastened at the origin of the MPFL.

Luhmann et al.[63] described a procedure to medialize the patella tendon from the underlying tibial apophysis to approximately 50% of its width before suturing to the periosteum of the proximal part of the tibia (◘ Figure 3C).[64] Garin et al.[65] reported the outcomes of 50 patients treated with this procedure. They found good results in 76% of habitual dislocators and 86% of recurrent dislocators. They also reported a 16% recurrence of patellofemoral instability following this tendon transfer technique, similar to other distal realignment procedures. However, there was one case of recurvatum deformity following this procedure.

Galeazzi described a technique that involved a semitendinosus tenodesis to the medial aspect of the patella with a concurrent lateral capsular release (◘ Figure 3D).[66] A study conducted by Grannatt et al.[53] investigated the results of a Galeazzi semitendinosus tenodesis in 28 pediatric patients (34 knees), with an average age of 11.4 years. After an average follow-up of 70 months, the authors reported that 12 (35%) of the knees underwent additional surgery for recurrent instability.

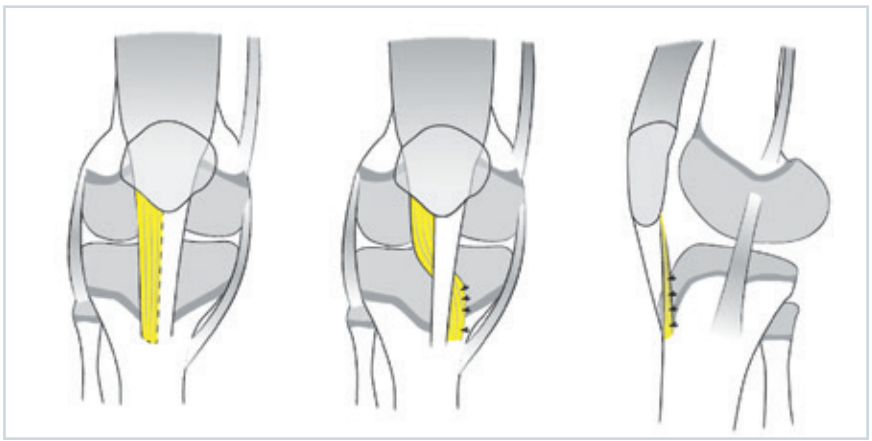


Figure 3A ▲ Roux-Goldthwait procedure

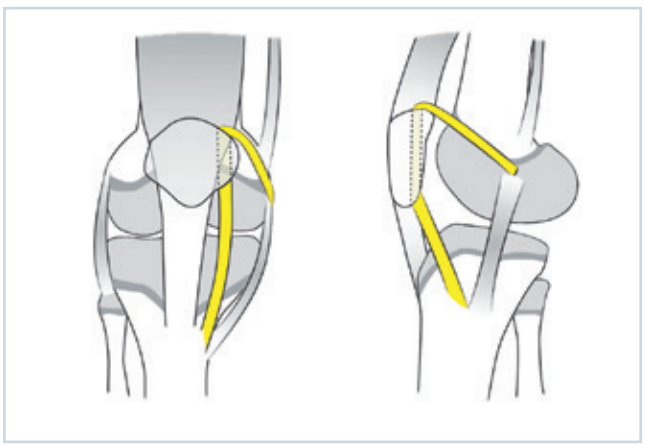


Figure 3B ▲ Nietosvaara technique using a hamstring graft to reconstruct new patellotibial ligament and MPFL

12.9 Complications Following MPFL Reconstruction

While aforementioned studies have documented the success of MPFL reconstruction in improving patellar stability, the complications of the surgery deserve mention. Shah et al.[67] performed a meta-analysis of MPFL reconstruction studies and found that among 629 pediatric and adult patients, 26% experienced complications including loss of knee flexion, patellar fracture, wound complications, and pain. As mentioned, Parikh et al.[55] reported that only 8 patients amongst their cohort of 179 pediatric patients experienced recurrent patellar instability following MPFL reconstruction. However, 16.2% of their cohort experienced postoperative complications including knee stiffness, patellar fracture, and recurrent instability. A study by Tanaka et al.[68] described the hazard of proximal misplacement of the femoral socket which can lead to tightness during knee flexion. Shortening the graft by >3 mm and positioning it proximally doubles the compressive forces across the medial aspect of the patella.[69]

Some of the more common complications reported in patients following MPFL reconstruction include recurrent instability, stiffness, loss in range of motion, and subsequent patellar fracture.[70] Correctly placing the femoral socket with the knee in 30 degrees of flexion can help to avoid

recurrent instability from too slack of a graft as well as decreased range of motion from a graft that is too short.

The use of both anteroposterior and lateral fluoroscopic images is essential in determining the position of the distal femoral socket in relation to the physis. In placing the patellar anchors or sockets, caution must be taken to avoid infringement of the patella articular surface or disruption of the dorsal patellar cortex.

In addition to patellar and femoral socket positioning, it is important to secure the graft with the proper length of the new reconstructed ligament.

Stephen et al.[71] showed that tensioning the MPFL graft at >10 N can result in increased medial joint contact pressures and increased patellar tilting. It is essential to check for isometry and to ensure full range of motion before finalizing graft fixation.

12.10 Conclusion

While a number of techniques for pediatric MPFL reconstruction have been described, few clinical studies compare them directly. New data, although not directly comparative, continues to expand our understanding of patellofemoral instability and the risk factors for recurrence. Improvement in the efficacy of surgical approaches and an increased awareness of who is at risk for recurrent instability may lead to more aggressive surgical indications for those at higher risk of injury. Further research will continue to elucidate which surgical methods result in superior clinical outcomes.

Acknowledgements

The authors thank Cynthia Conklin for her assistance with the illustrations in this manuscript.

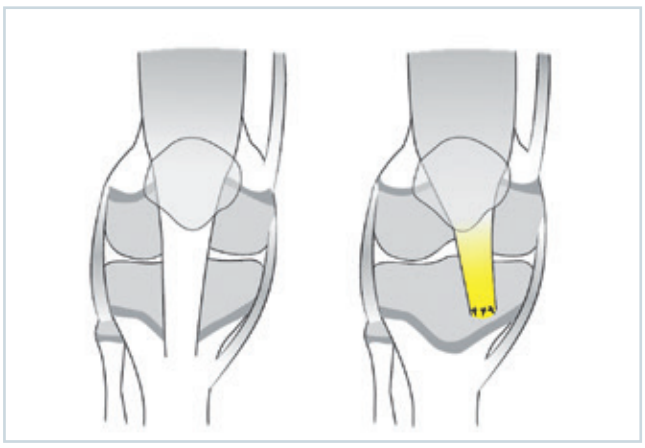


Figure 3C ▲ Patellar tendon transfer

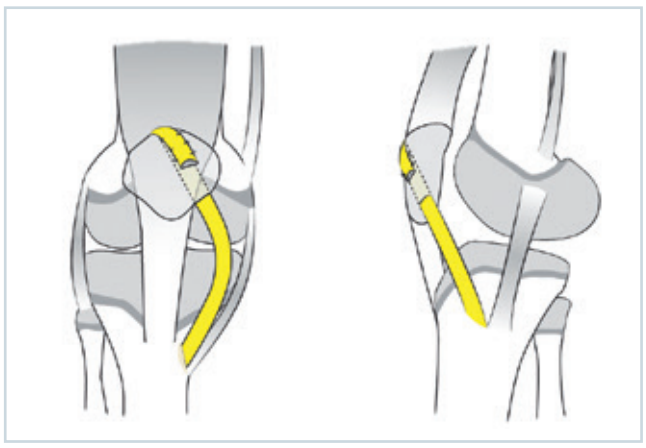


Figure 3D ▲ Galeazzi technique

References

(1) Nietosvaara Y, Paukku R, Palmu S, Donell ST. Acute patellar dislocation in children and adolescents. surgical technique. J Bone Joint Surg Am. 2009;91 Suppl 2 Pt 1:139-145.

(2) Fithian DC, Paxton EW, Stone ML, et al. Epidemiology and natural history of acute patellar dislocation. Am J Sports Med. 2004;32(5):1114-1121.

(3) Weeks KD,3rd, Fabricant PD, Ladenhauf HN, Green DW. Surgical options for patellar stabilization in the skeletally immature patient. Sports Med Arthrosc. 2012;20(3):194-202.

(4) Lancourt JE, Cristini JA. Patella alta and patella infera. their etiological role in patellar dislocation, chondromalacia, and apophysitis of the tibial tubercle. J Bone Joint Surg Am. 1975;57(8):1112-1115.

(5) Lewallen L, McIntosh A, Dahm D. First-time patellofemoral dislocation: Risk factors for recurrent instability. J Knee Surg. 2015;28(4):303-309.

(6) Jaquith BP, Parikh SN. Predictors of recurrent patellar instability in children and adolescents after first-time dislocation. J Pediatr Orthop. 2015.

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

(8) Arendt EA, Fithian DC, Cohen E. Current concepts of lateral patella dislocation. Clin Sports Med. 2002;21(3):499-519.

(9) Kepler CK, Bogner EA, Hammoud S, Malcolmson G, Potter HG, Green DW. Zone of injury of the medial patellofemoral ligament after acute patellar dislocation in children and adolescents. Am J Sports Med. 2011;39(7):1444-1449.

(10) Camp CL, Krych AJ, Dahm DL, Levy BA, Stuart MJ. Medial patellofemoral ligament repair for recurrent patellar dislocation. Am J Sports Med. 2010;38(11):2248-2254.

(11) Ostermeier S, Holst M, Hurschler C, Windhagen H, Stukenborg-Colsman C. Dynamic measurement of patellofemoral kinematics and contact pressure after lateral retinacular release: An in vitro study. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2007;15(5):547-554.

(12) Nikku R, Nietosvaara Y, Aalto K, Kallio PE. Operative treatment of primary patellar dislocation does not improve medium-term outcome: A 7-year follow-up report and risk analysis of 127 randomized patients. Acta Orthop. 2005;76(5):699-704.

(13) Parikh SN, Lykissas MG. Classification of lateral patellar instability in children and adolescents. Orthop Clin North Am. 2016;47(1):145-152.

(14) Fithian DC, Paxton EW, Stone ML, et al. Epidemiology and natural history of acute patellar dislocation. Am J Sports Med. 2004;32(5):1114-1121.

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

(16) Cofield RH, Bryan RS. Acute dislocation of the patella: Results of conservative treatment. J Trauma. 1977;17(7):526-531.

(17) McIntosh A. Overview, pathomechanics, epidemiology, and assessment of patellar dislocation. In: Cordasco F, Green D, eds. Pediatric and adolescent knee surgery. 1st ed. Philadelphia, PA: Wolters Kluwer; 2015:127.

(18) Lewallen LW, McIntosh AL, Dahm DL. Predictors of recurrent instability after acute patellofemoral dislocation in pediatric and adolescent patients. Am J Sports Med. 2013;41(3):575-581.

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

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

(21) Tompkins M, Arendt EA. A risk prediction model for redislocation following first time lateral patellar dislocation (LPD). POSNA. 2016.

(22) Nwachukwu BU, So C, Schairer WW, Green DW, Dodwell ER. Surgical versus conservative management of acute patellar dislocation in children and adolescents: A systematic review. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2015.

(23) Gausden E, Fabricant P, Taylor S, et al. Medial patellofemoral ligament reconstruction in children and adolescents. JBJS Reviews. 2015;3(10).

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

(25) Schoettle PB, Zanetti M, Seifert B, Pfirrmann CW, Fucentese SF, Romero J. The tibial tuberosity-trochlear groove distance; a comparative study between CT and MRI scanning. Knee. 2006;13(1):26-31.

(26) Dickens AJ, Morrell NT, Doering A, Tandberg D, Treme G. Tibial tubercle-trochlear groove distance: Defining normal in a pediatric population. J Bone Joint Surg Am. 2014;96(4):318-324.

(27) Seitlinger G, Scheurecker G, Hogler R, Labey L, Innocenti B, Hofmann S. Tibial tubercle-posterior cruciate ligament distance: A new measurement to define the position of the tibial tubercle in patients with patellar dislocation. Am J Sports Med. 2012;40(5):1119-1125.

(28) Abramov M, Stock H. Lateral patellar dislocation: Mechanism of disease, radiographic presentation, and management. Conn Med. 2013;77(4):235-238.

(29) Simmons E,Jr, Cameron JC. Patella alta and recurrent dislocation of the patella. Clin Orthop Relat Res. 1992;(274)(274):265-269.

(30) Earhart C, Patel DB, White EA, Gottsegen CJ, Forrester DM, Matcuk GR,Jr. Transient lateral patellar dislocation: Review of imaging findings, patellofemoral anatomy, and treatment options. Emerg Radiol. 2013;20(1):11-23.

(31) Colvin AC, West RV. Patellar instability. J Bone Joint Surg Am. 2008;90(12):2751-2762.

(32) Balcarek P, Oberthur S, Hopfensitz S, et al. Which patellae are likely to redislocate? Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2014;22(10):2308-2314.

(33) Atkin DM, Fithian DC, Marangi KS, Stone ML, Dobson BE, Mendelsohn C. Characteristics of patients with primary acute late-

ral patellar dislocation and their recovery within the first 6 months of injury. Am J Sports Med. 2000;28(4):472-479.

(34) Insall J, Goldberg V, Salvati E. Recurrent dislocation and the high-riding patella. Clin Orthop Relat Res. 1972;88:67-69.

(35) Neyret P, Robinson AH, Le Coultre B, Lapra C, Chambat P. Patellar tendon length--the factor in patellar instability? Knee. 2002;9(1):3-6.

(36) Singerman R, Davy DT, Goldberg VM. Effects of patella alta and patella infera on patellofemoral contact forces. J Biomech. 1994;27(8):1059-1065.

(37) Lancourt JE, Cristini JA. Patella alta and patella infera. their etiological role in patellar dislocation, chondromalacia, and apophysitis of the tibial tubercle. J Bone Joint Surg Am. 1975;57(8):1112-1115.

(38) Schottle PB, Schmeling A, Rosenstiel N, Weiler A. Radiographic landmarks for femoral tunnel placement in medial patellofemoral ligament reconstruction. Am J Sports Med. 2007;35(5):801-804.

(39) Shea KG, Grimm NL, Belzer J, Burks RT, Pfeiffer R. The relation of the femoral physis and the medial patellofemoral ligament. Arthroscopy. 2010;26(8):1083-1087.

(40) Farrow LD, Alentado VJ, Abdulnabi Z, Gilmore A, Liu RW. The relationship of the medial patellofemoral ligament attachment to the distal femoral physis. Am J Sports Med. 2014;42(9):2214-2218.

(41) Nelitz M, Dornacher D, Dreyhaupt J, Reichel H, Lippacher S. The relation of the distal femoral physis and the medial patellofemoral ligament. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2011;19(12):2067-2071.

(42) Shea KG, Polousky JD, Jacobs JC,Jr, et al. The relationship of the femoral physis and the medial patellofemoral ligament in children: A cadaveric study. J Pediatr Orthop. 2014;34(8):808-813.

(43) Seeley M, Bowman KF, Walsh C, Sabb BJ, Vanderhave KL. Magnetic resonance imaging of acute patellar dislocation in children: Patterns of injury and risk factors for recurrence. J Pediatr Orthop. 2012;32(2):145-155.

(44) Zaidi A, Babyn P, Astori I, White L, Doria A, Cole W. MRI of traumatic patellar dislocation in children. Pediatr Radiol. 2006;36(11):1163-1170.

(45) Weber-Spickschen TS, Spang J, Kohn L, Imhoff AB, Schottle PB. The relationship between trochlear dysplasia and medial patellofemoral ligament rupture location after patellar dislocation: An MRI evaluation. Knee. 2011;18(3):185-188.

(46) Weber-Spickschen TS, Spang J, Kohn L, Imhoff AB, Schottle PB. The relationship between trochlear dysplasia and medial patellofemoral ligament rupture location after patellar dislocation: An MRI evaluation. Knee. 2011;18(3):185-188.

(47) Bitar AC, Demange MK, D'Elia CO, Camanho GL. Traumatic patellar dislocation: Nonoperative treatment compared with MPFL reconstruction using patellar tendon. Am J Sports Med. 2012;40(1):114-122.

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

(49) Gomes JE. Comparison between a static and a dynamic technique for medial patellofemoral ligament reconstruction. Arthroscopy. 2008;24(4):430-435.

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

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

(52) Goyal D. Medial patellofemoral ligament reconstruction: The superficial quad technique. Am J Sports Med. 2013;41(5):1022-1029.

(53) Grannatt K, Heyworth BE, Ogunwole O, Micheli LJ, Kocher MS. Galeazzi semitendinosus tenodesis for patellofemoral instability in skeletally immature patients. J Pediatr Orthop. 2012;32(6):621-625.

(54) Nelitz M, Dreyhaupt J, Reichel H, Woelfle J, Lippacher S. Anatomic reconstruction of the medial patellofemoral ligament in children and adolescents with open growth plates: Surgical technique and clinical outcome. Am J Sports Med. 2013;41(1):58-63.

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

(56) Fabricant PD, Ladenhauf HN, Salvati EA, Green DW. Medial patellofemoral ligament (MPFL) reconstruction improves radiographic measures of patella alta in children. Knee. 2014;21(6):1180-1184.

(57) Lykissas MG, Li T, Eismann EA, Parikh SN. Does medial patellofemoral ligament reconstruction decrease patellar height? A preliminary report. J Pediatr Orthop. 2014;34(1):78-85.

(58) Schottle PB, Fucentese SF, Romero J. Clinical and radiological outcome of medial patellofemoral ligament reconstruction with a semitendinosus autograft for patella instability. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2005;13(7):516-521.

(59) Pinkowsky G, Hennrikus W. Technique: Quad tendon medial patellofemoral ligament reconstruction. In: Cordasco F, Green D, eds. Pediatric and adolescent knee surgery. 1st ed. Philadelphia, PA: Wolters Kluwer; 2015:133.

(60) Abouelsoud MM, Abdelhady A, Elshazly O. Anatomic physeal-sparing technique for medial patellofemoral ligament reconstruction in skeletally immature patients with ligamentous laxity. Eur J Orthop Surg Traumatol. 2015;25(5):921-926.

(61) Sillanpaa PJ, Maenpaa HM, Arendt EA. Treatment of lateral patella dislocation in the skeletally immature athlete. Oper Tech Sports Med. 2010;18:83.

(62) Marsh JS, Daigneault JP, Sethi P, Polzhofer GK. Treatment of recurrent patellar instability with a modification of the roux-goldthwait technique. J Pediatr Orthop. 2006;26(4):461-465.

(63) Luhmann SJ, Schoenecker PL, Dobbs MB, Gordon JE. Arthroscopic findings at the time of patellar realignment surgery in adolescents. J Pediatr Orthop. 2007;27(5):493-498.

(64) Nepple J, Luhmann S. Medial patellar tendon transfer with proximal realignment. In: Cordasco F, Green D, eds. Pediatric and adolescent knee surgery. 1st ed. Philadelphia, PA: Wolters Kluwer; 2015:148.

(65) Garin C, Chaker M, Dohin B, Kohler R. Permanent, habitual dislocation and recurrent dislocation of the patella in children: Surgical management by patellar ligamentous transfer in 50 knees. Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot. 2007;93(7):690-700.

(66) Galeazzi R. Nuove applicazioni del trapianto muscolare e tendineo. Arch Di Ortop Milano. 1922;38:315-323.

(67) Shah JN, Howard JS, Flanigan DC, Brophy RH, Carey JL, Lattermann C. A systematic review of complications and failures associated with medial patellofemoral ligament reconstruction for recurrent patellar dislocation. Am J Sports Med. 2012;40(8):1916-1923.

(68) Tanaka MJ, Bollier MJ, Andrish JT, Fulkerson JP, Cosgarea AJ. Complications of medial patellofemoral ligament reconstruction: Common technical errors and factors for success: AAOS exhibit selection. J Bone Joint Surg Am. 2012;94(12):e87.

(69) Elias JJ, Cosgarea AJ. Technical errors during medial patellofemoral ligament reconstruction could overload medial patellofemoral cartilage: A computational analysis. Am J Sports Med. 2006;34(9):1478-1485.

(70) Gausden E, Green D. Medial patellofemoral ligament reconstruction: Hamstring technique. In: Cordasco F, Green D, eds. Pediatric and adolescent knee surgery. 1st ed. Philadelphia, PA: Wolters Kluwer; 2015:140.

(71) Stephen JM, Kaider D, Lumpaopong P, Deehan DJ, Amis AA. The effect of femoral tunnel position and graft tension on patellar contact mechanics and kinematics after medial patellofemoral ligament reconstruction. Am J Sports Med. 2014;42(2):364-372.

Eigentümer & Copyright © AGA-Komitee-Knie-Patellofemoral 2016

Alle Inhalte, insbesondere Texte, Fotografien und Grafiken, sind urheberrechtlich geschützt (Copyright). Das Urheberrecht liegt, soweit nicht ausdrücklich anders gekennzeichnet, beim Knie-Patellofemoralgelenk der AGA - P.O. Box 1236, Seefeldstrasse 123, 8034 Zürich, Schweiz. Sollten Sie Teile hiervon verwenden wollen, können Sie diese käuflich erwerben. Bitte wenden Sie sich hierzu an AGA Gesellschaft für Arthroskopie und Gelenkchirurgie: info@aga-online.de. Wer gegen das Urheberrecht verstößt, macht sich gem. § 106 ff Urhebergesetz strafbar. Er wird zudem kostenpflichtig abgemahnt und muss Schadensersatz leisten.

Hinweis

Wir haben ganz bewußt ätiopathologische Grundlagen weitestgehend weggelassen, da diese im ersten Heft "Untersuchungstechniken/Diagnostik des Patellofemoralgelenkes" enthalten sind.

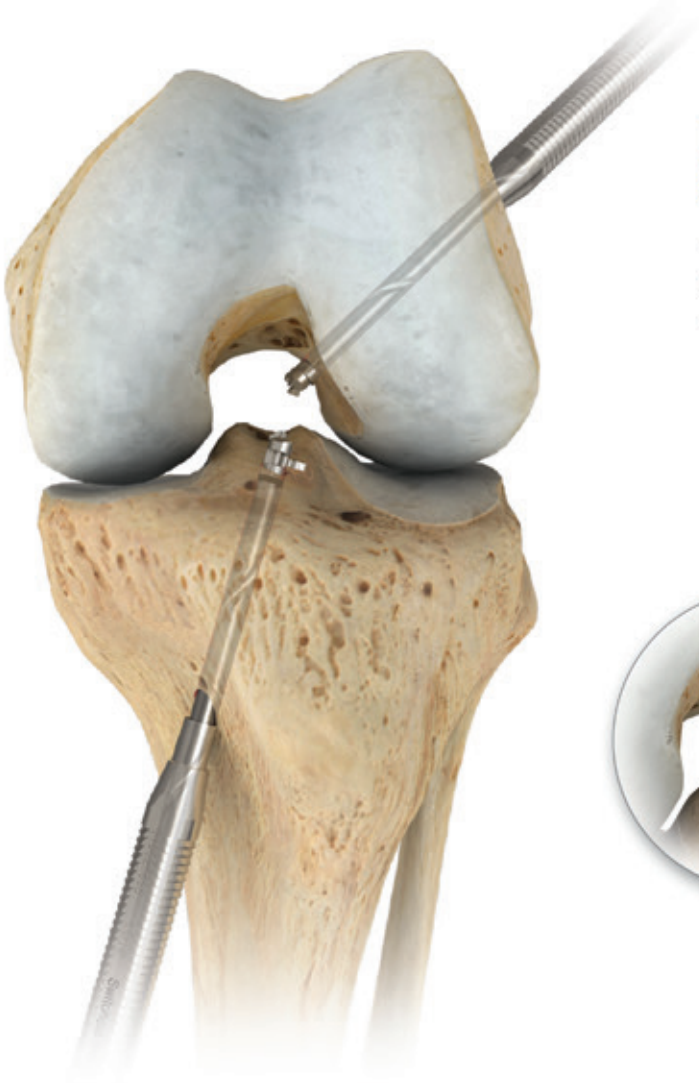
Dieses Heft kann gegen Versandgebühr zugesandt werden. Anfragen: aga-komitees@chello.at

Impressum

Herausgeber: AGA-Knie-Patellofemoral –Komitee - P.O. Box 1236, Seefeldstrasse 123, 8034 Zürich, Schweiz
http://www.aga-online.de/komitees/patellofemoral-komitee-knie/
Chefredaktion: Dr. med. Florian Dirisamer, PD Dr. med. Philip Schöttle
Fotos: Werner Harrer, Leonfeldner Straße 328, 4040 Linz, Tel +43 732 6514 2210, office@wernerharrer.at
Gestaltung: buero-01, Sabine Schanz, Werderstraße 19, 75173 Pforzheim, Tel +49 7231 140592, www.buero01.de
Druck: Kraft Druck GmbH, Industriestraße 5-9, 76275 Ettlingen

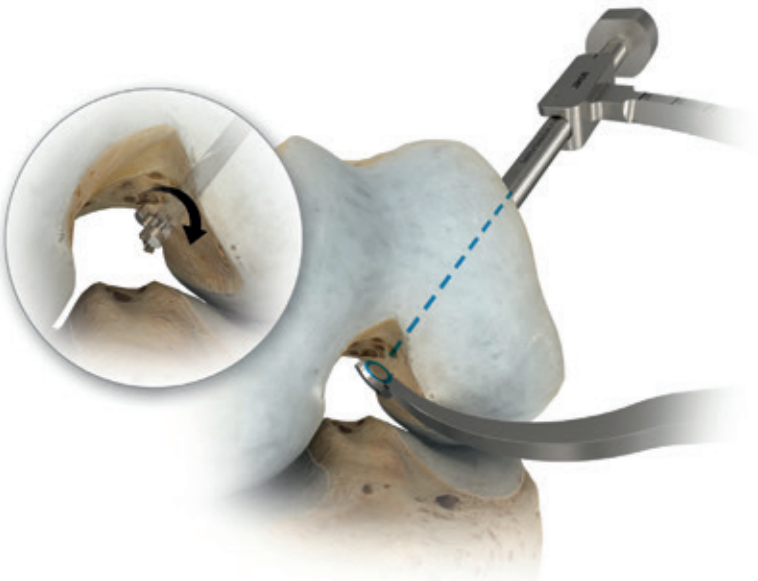
SwitchCut™ Reaming System

Kreuzband-Rekonstruktion



Innovatives System zur anatomischen Anlage von Bohrkanälen

- einfach
- schnell
- präzise



Neue Implantatoptionen für die Primär- und Revisionschirurgie:

- ToggleLoc Inline
- ToggleLoc XL und XL Inline

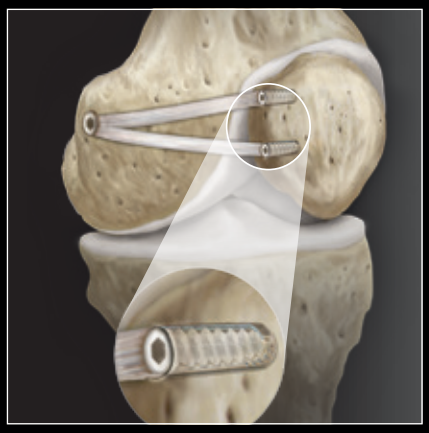
www.zimmerbiomet.com

©2016 Zimmer Biomet®. Alle aufgeführten Handelsmarken Eigentum der Zimmer Biomet, Inc. oder deren verbundenen Unternehmen.

ZIMMER BIOMET
Your progress. Our promise.™

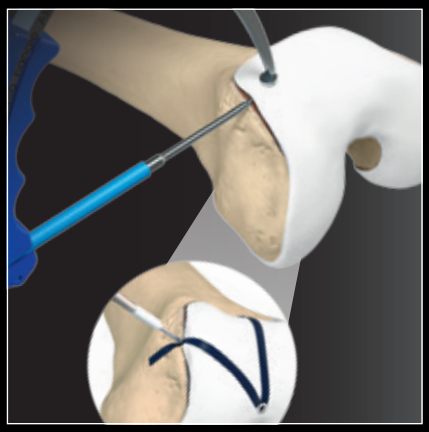
Das Patellofemoralgelenk

Innovative Operationsverfahren



MPFL-Rekonstruktion

- Anatomisch reproduzierbar
- Knotenlose patellare Verankerung
- Intraossäre Transplantatfixierung



Trochleaplastik

- Kontinuierliche osteochondrale Delaminierung
- Exakte Präparation des Knochenlagers
- Unterschiedliche Offset-Zielhaken

PFJ – Wiederherstellung der Gelenkphysiologie

- Kombiniertes System Onlay-Inlay
- Reproduzierbarer Ersatz verschiedenster Trochleapathologien
- Exzellenter Übergangsbereich zwischen Knorpel und Implantat in Flexion

http://qr.arthrex.de/o6h

© Arthrex GmbH, 2016. Alle Rechte vorbehalten.