

Aus der Klinik für Unfallchirurgie, Orthopädie und Plastische Chirurgie

(Prof. Dr. med. W. Lehmann)

der Medizinischen Fakultät der Universität Göttingen

Trochleaplastik vs. Isolierte MPFL-Plastik unter Berücksichtigung höherer Trochleadysplasien zur Behandlung der patellofemorale Instabilität

INAUGURAL - DISSERTATION

zur Erlangung des Doktorgrades

der Medizinischen Fakultät der

Georg-August-Universität zu Göttingen

vorgelegt von

Stephan Rehn

aus

Essen

Göttingen 2017

Dekan:	Prof. Dr. rer. nat. H.K. Kroemer
Referent/in	PD Dr. med. P. Balcarek
Ko-Referent/in:	Prof. Dr. rer. nat. R. Hilgers
Promotor-Vetreter/in:	Prof. Dr. hum. biol. M. Schön

Datum der mündlichen Prüfung: 25.10.2017

Hiermit erkläre ich, die Dissertation mit dem Titel "Trochleaplastik vs. Isolierte MPFL-Plastik unter Berücksichtigung höherer Trochleadysplasien zur Behandlung der patellofemorale Instabilität" eigenständig angefertigt und keine anderen als die von mir angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet zu haben.

Göttingen, den

.....

(Unterschrift)

Die Ergebnisse dieser Dissertation wurden publiziert:

Balcarek P, Rehn S, Howells NR, Eldridge JD, Kita K, Dejour D, Nelitz M, Banke IJ, Lambrecht D, Harden M et al. (2016): Results of medial patellofemoral ligament reconstruction compared with trochleoplasty plus individual extensor apparatus balancing in patellar instability caused by severe trochlear dysplasia: a systematic review and meta-analysis. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2016 Oct. 27

DOI: [10.1007/s00167-016-4365-x](https://doi.org/10.1007/s00167-016-4365-x)

INHALTSVERZEICHNIS

Abbildungsverzeichnis	III
Tabellenverzeichnis	IV
Abkürzungsverzeichnis	V
1 Einleitung	1
1.1 Definition und Einteilung.....	1
1.2 Ätiologie/Symptomatik/Biomechanik	1
1.3 Klinik & Reluxationsraten	3
1.4 Diagnostik	3
1.4.1 Klinische Untersuchung	3
1.4.2 Bildgebung	4
1.4.3 Trochleadysplasie	5
1.4.4 Q-Winkel / TTTG-Abstand.....	7
1.4.5 Patella Alta / Patella Tilt / Patella Shift.....	8
1.4.6 Torsionsabweichung und Achsfehlstellung	8
1.5 Therapie.....	9
1.5.1 MPFL-Plastik.....	10
1.5.2 Trochleoplastik.....	12
1.6 Zielsetzung.....	14
2 Material und Methoden.....	15
2.1 Einführung	15
2.2 Ein- und Ausschlusskriterien	15
2.3 Suchalgorithmus	16
2.4 Datenextraktion.....	17
2.5 Statistische Methoden.....	19
2.5.1 Outcomes und Datenextraktion	19

2.5.2 Datenanalyse	19
2.5.3 Studienqualität	20
3 Ergebnisse	21
3.1 Literaturrecherche.....	21
3.2 Trochleaplastik-Gruppe	23
3.3 MPFL-Plastik-Gruppe	25
3.4 Weitere Parameter im Vergleich.....	26
3.5 Coleman-Methodology-Score	28
3.6 Kujala-Scores	29
3.6.1 Meta-Analyse Modell 1: Trochleadysplasien B,C & D	30
3.6.2 Meta-Analyse Modell 2: Trochleadysplasien B & D.....	31
3.7 Komplikationen.....	32
4 Diskussion	33
5 Zusammenfassung	39
6 Anhang	40
7 Literaturverzeichnis	42

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Luxationsfördernde Faktoren	2
Abbildung 2: Trochleadysplasie nach der Dejour-Klassifikation	6
Abbildung 3: Q-Winkel.....	7
Abbildung 4: Schema der MPFL-Rekonstruktion	11
Abbildung 5: Korrekturansätze der Trochleoplastik	13
Abbildung 6: Flussdiagramm	21
Abbildung 7: Gesamtverteilung der Knie in der MPFL- und TP-Kohorte.....	22
Abbildung 8: Vergleich der Trochleadysplasien beider Studiengruppen	26
Abbildung 9: Coleman-Methodology-Score im Vergleich	28
Abbildung 10: Kujala-Scores präoperativ und postoperativ.....	29
Abbildung 11: Meta-Analyse Trochleoplastik Modell 1.....	30
Abbildung 12: Meta-Analyse MPFL-Plastik Modell 1.	30
Abbildung 13: Meta-Analyse Trochleoplastik Modell 2.....	31
Abbildung 14: Meta-Analyse MPFL-Plastik Modell 2	31
Abbildung 15: Ausgeschlossene Studien der Trochleoplastik-Kohorte	40
Abbildung 16: Ausgeschlossene Studien der MPFL-Kohorte.....	41

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Subgruppenanalyse der Studien der MPFL-Kohorte	18
Tabelle 2: Zusätzliche Verfahren der Trochleoplastik-Kohorte	23
Tabelle 3: Trochleadysplasie-Verteilung der Trochleoplastik-Kohorte	24
Tabelle 4: Trochleadysplasie-Verteilung der MPFL-Kohorte	25
Tabelle 5: Patientendemographie	27

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

BANFF	<i>Banff Patellar Instability Instrument</i>
CT	Computertomographie
GUK	Göttinger Verbundkatalog
GVK	Gemeinsamer Verbundkatalog
IKDC	<i>International Knee Documentation Committee</i>
LRR	<i>Lateral retinaculum release</i>
MEDline	<i>Medical Literature Analysis and Retrieval System Online</i>
MPFL	Mediales patellofemorales Ligament
MRR	<i>Medial retinaculum repair</i>
MRT	Magnetresonanztomographie
NCBI	<i>National Center for Biotechnology Information</i>
NPI	<i>Norwich Patellar Instability</i>
Q-Winkel	Quadrizeps-Winkel
TP	Trochleoplastik
TT-PCL	<i>Tibial tubercle posterior cruciate ligament</i>
TT-TG	<i>Tibial tuberosity trochlear groove</i>
TTT	<i>Tibial tubercle transfer</i>
VAS	Visuelle Analogskala
VMO	<i>M. vastus medialis obliquus</i>

1 EINLEITUNG

1.1 DEFINITION UND EINTEILUNG

Die patellofemorale Instabilität ist nach wie vor ein Krankheitsbild, welches insbesondere bei der operativen Behandlungsstrategie noch weiterer Forschung bedarf. Es herrscht derzeit noch kein einheitlicher Konsens über die optimalen operativen Maßnahmen, die die verschiedenen Komorbiditäten berücksichtigen und ein bestmögliches Behandlungsergebnis ermöglichen (Testa et al. 2015).

Mit einer Inzidenz von 7/100.000 Einwohner (Atkin et al. 2000) und einem Anteil von 2-3% an allen Knieverletzungen (Stefancin und Parker 2007) ist die Patellaerstluxation auf die Gesamtpopulation bezogen ein relativ seltenes Ereignis. Vorwiegend sind Patienten unter 20 Jahren betroffen, wobei weibliche Patienten etwas häufiger als männliche betroffen sind (Cofield und Bryan 1977; Henry und Crosland 1979; Larsen und Lauridsen 1982; Cash und Hughston 1988; Atkin et al. 2000). Dabei ereignen sich Patellaerstluxationen häufig während des Sports oder physisch anstrengenden Arbeiten (Atkin et al. 2000). Kommt es nach einem solchen Erstereignis zur Reluxation oder ist diese mit hoher Wahrscheinlichkeit zu erwarten, so kann nach den Einschätzungen von Frosch et. al. von einer patellofemorale Instabilität ausgegangen werden (Frosch et al. 2014).

1.2 ÄTIOLOGIE/SYMPATOMATIK/BIOMECHANIK

Um die verschiedenen Therapieprinzipien richtig einordnen zu können, ist es zunächst nötig, näher auf die Patella und ihre interagierenden Strukturen einzugehen. Das patellofemorale Gelenk besteht aus einem Komplex aus stabilisierenden Faktoren, die in ihrer Gesamtheit eine physiologische Interaktion zwischen Patella und Trochlea ermöglichen. In Streckstellung des Kniegelenks ist die Patella leicht lateralisiert und gleitet erst ab etwa 20°-30° in das trochleare Gleitlager Richtung medial ein (Philippot et al. 2009). Bei weiterer

Beugung gleitet die Patella dann durch die Trochlea-Rinne wieder nach lateral. Ist dieser Bewegungsablauf gestört, spricht man von *Patellamaltracking*. Abbildung 1 benennt die wichtigsten begünstigenden Faktoren, die zu einer Patellaluxation führen können:



Abbildung 1: Luxationsfördernde Faktoren. Jedes Bindeglied trägt bei Vorhandensein bzw. Abnormität zu einer erhöhten Luxationsneigung der Patella bei.

Kommt es zu einer Luxation, so luxiert die Patella in der Regel nach lateral (Oestern et al. 2011). Häufig geht mit der Luxation auch eine Ruptur des medialen patellofemorale Ligaments (MPFL) einher. Das MPFL wirkt mit einem Anteil von 60% den auftretenden lateral gerichteten Kräften entgegen und ist zwischen 0° und 20° Knieflexion der wichtigste passive Stabilisator der Patella (Desio et al. 1998). Außerdem konnten Dejour und Le Coultre in ihrer Studie in über 96% der Fälle nach Patellaluxation eine Trochleadysplasie nachweisen (Dejour und Le Coultre 2007).

1.3 KLINIK & RELUXATIONS RATEN

30% bis 50% der betroffenen Patienten klagen nach der initialen Patellaluxation über ein patellofemorales Schmerzsyndrom und/oder Instabilitätsgefühl (Hawkins et al. 1986). Ebenso treten bei mehr als der Hälfte des Patientenkollektivs von Atkin et al. Funktionsbeeinträchtigung und Schmerzen bei höheren Belastungen auf (Atkin et al. 2000). Die Reluxationsrate bei konservativer Therapie reicht von 15% bis immerhin 49% und unterstreicht die Notwendigkeit weiterer qualitativer Langzeituntersuchungen (Macnab 1952; Cofield und Bryan 1977; Mäenpää und Lehto 1996; Mäenpää et al. 1997; Fithian et al. 2004). Insbesondere ein junges Alter der Patienten bei Erstluxation, eine schwere Trochleadysplasie, eine kontralaterale Instabilität und die Patella alta konnten hier als Risikofaktoren identifiziert werden (Balcarek et al. 2014; Jaquith und Parikh 2015). Erstaunlicherweise konnten Fithian et al. nachweisen, dass die zu erwartenden Reluxationsraten höher wurden, je geringer die medialen Bandstrukturen in Mitleidenschaft gezogen waren (Fithian et al. 2004). Dieses Phänomen kann dadurch erklärt werden, dass Initialtraumata mit wenigen Begleitverletzungen mit höheren Komorbiditäten assoziiert sind, da offensichtlich eine geringere Kraft für die Luxation nötig war (Fithian et al. 2004).

1.4 DIAGNOSTIK

1.4.1 KLINISCHE UNTERSUCHUNG

Die vollständige klinische Untersuchung beider Kniegelenke zeigt häufig wegweisende diagnostische Zeichen. Knickt das Kniegelenk bei entsprechender Belastung oder schnellen Bewegungen plötzlich ein, spricht man vom „Giving-Way-Phänomen“ und kann Hinweis auf eine Läsion der Kreuzbänder oder eine stattgehabte Patellaluxation sein. Neben Schwellung und Druckschmerz über den medialen Bandstrukturen ist die „Tanzende Patella“ ein Hinweis auf eine intraartikuläre Einblutung, auch wenn sie nicht pathognomonisch für die Patellaluxation ist (Oestern et al. 2011). Der *Apprehension-Test* wird initial zwischen 20°

und 30° Beugung geprüft und führt zu einem positiven Ergebnis, wenn der Patient während der passiven Lateralisierung der Patella durch den Untersucher eine Abwehrbewegung und/oder -Spannung vollführt, da er Angst vor einer erneuten Patellaluxation hat. Bei einem positiven Test kann eine Luxationsneigung der Patella nach bereits erfolgter und wieder reponierter Patellaluxation vermutet werden. Im Anschluss wird der Test auch in höheren Flexionsgraden (bis 90°) durchgeführt. Fällt das *Apprehension-Sign* bei über 30° positiv aus, so spräche dies für eine schwere Form der Trochleadysplasie oder für eine Torsionsabweichung an Femur und/oder Tibia. Bei dem *J-Sign* bzw. *Reversed J-Sign* wird im Sitzen bei endgradiger Extension bzw. Flexion überprüft, ob die Patella einen deutlichen lateralen Ausschlag besitzt.

Die Untersuchung des Knies beinhaltet noch viele weitere Aspekte, auf die aber aufgrund ihrer Relevanz in Bezug auf das Thema dieser Arbeit nicht weiter eingegangen wird (Inspektion, Palpation, Beinachse, Torsion, gen. Bandlaxität, Patellamobilität, spezifische Tests der Kreuzbänder und Menisken). An die klinische Untersuchung schließt sich zur genaueren Analyse die Bildgebung an.

1.4.2 BILDGEBUNG

Alle möglichen Faktoren der patellofemorale Instabilität sind zunächst durch die klinische Untersuchung zu eruieren. Insbesondere die Instabilität der Patella, ausgedrückt durch den *Apprehension-Test* in den verschiedenen Beugstellungen des Kniegelenks und das *J-sign* sind oftmals wegweisende klinische Faktoren. Die weiterführende Bildgebung soll den klinischen Befund validieren, quantifizieren und ggf. sinnvoll ergänzen. Ziel ist es, aus den klinischen Befunden und der Bildgebung eine umfassende Analyse der zugrunde liegenden Faktoren zu erhalten.

Die Basisdiagnostik ist das Röntgenbild des Kniegelenks in *posterior-anterior* und seitlichem Strahlengang sowie eine Patella-Tangentialaufnahme. Zur weiteren Beurteilung der Verletzungsfolgen, der Trochleadysplasie, der Rupturmorphologie des MPFL, möglicher Knorpel- oder Knochenverletzungen, der *Tibial Tuberosity Trochlear Groove Distance* (TT-TG-Abstand) und der *Tibial Tubercle Posterior Cruciate Ligament Distance* (TT-PCL-Abstand),

sollte eine Magnetresonanztomographie (MRT) des Kniegelenks durchgeführt werden. Je nach klinischem Befund sollte die Diagnostik auch durch eine Ganzbeinstandaufnahme und gegebenenfalls durch eine Torsions-Computertomographie (CT) oder Torsions-MRT Untersuchung ergänzt werden.

1.4.3 TROCHLEADYSPLASIE

Ein wesentlicher Risikofaktor für die patellare Instabilität ist die Trochleadysplasie. Diese ist dann gegeben, wenn die Trochlea konvex geformt oder der Trochleasulcuswinkel größer als 145° ist (Dejour et al. 1990; Reynaud und Dejour 1998). Dejour et al. haben eine Klassifikation entwickelt, um die Dysplasie in verschiedene Schweregrade einteilen zu können (Reynaud und Dejour 1998; Dejour und Le Coultre 2007). Bei der Trochleadysplasie Typ A ist der Sulcuswinkel der Trochlea auf über 145° abgeflacht. Typ B geht mit einem komplett flachen Trochleagleitlager einher. Eine Dysplasie vom Typ C weist eine asymmetrische Kondylenmorphologie auf, wobei die laterale Begrenzung der Trochlea flach ist oder sogar eine Konvexität aufweist und der mediale Teil hypoplastisch verändert ist. In der Maximalform der trochlearen Dysplasie definieren Dejour et al. die Dysplasie Typ D als eine konvex erhöhte Trochleaklippe mit völligem Fehlen der lateralen kondylären Struktur. Während beim Typ A von milder trochlearer Dysplasie gesprochen wird, sind Typ B, C und D einer schweren Dysplasie zuzurechnen. Eine schematische Übersicht der Trochleadysplasien ist in Abbildung 2 dargestellt.

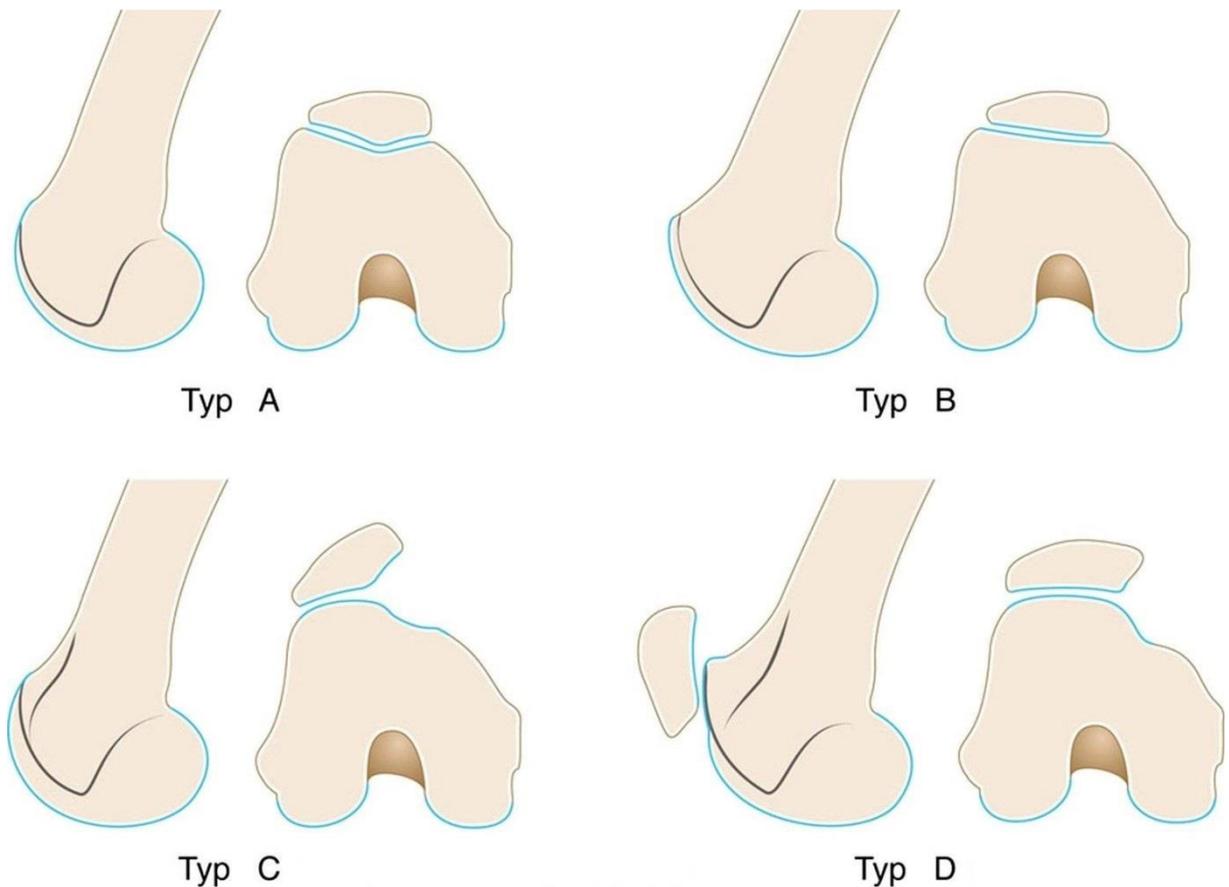


Abbildung 2: Trochleadysplasien nach der Dejour-Klassifikation. Bei der Typ A Dysplasie ist deutlich die Abflachung der Trochlea zu sehen, die sich in Typ B sogar planar darstellt. Bei Typ C ist eine asymmetrische Kondylenkonfiguration vorhanden, die beim Typ D völlig fehlt. Modifiziert nach Ntagiopoulos und Dejour 2014, S. 2536

Die Trochleoplastik als eine der primären Optionen bei Versagen der konservativen Therapie widmet sich der Korrektur der trochlearen Dysplasie und adressiert somit vornehmlich die Wiederherstellung des dysplastischen trochlearen Gleitlagers. Jenes Gleitlager wurde nach aktuellen Untersuchungen als der häufigste und wichtigste Faktor in der Pathogenese einer rezidivierenden Patellaluxation identifiziert (Dejour et al. 1994; Fitzpatrick et al. 2016). Vor allem verändern sich die Kinematiken des Kniegelenks bei einer Trochleadysplasie von B oder D nach Dejour dahingehend, dass daraus eine reduzierte Stabilität, ein erhöhter Kontaktdruck und geringere Kontaktfläche resultieren (Senavongse und Amis 2005; Dejour und Le Coultre 2007; van Haver et al. 2015). Jungmann et al. konnten in ihren Un-

tersuchung zeigen, dass die Trochleadysplasie mit einem gesteigerten Risiko für die Entwicklung einer Osteoarthrose des Patellofemoralgelenks assoziiert ist (Jungmann et al. 2013).

1.4.4 Q-WINKEL / TTTG-ABSTAND

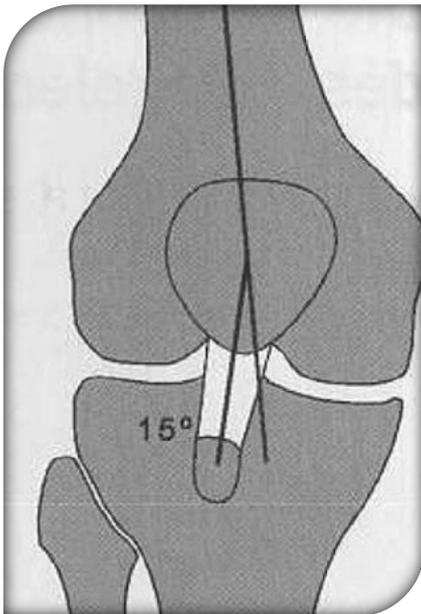


Abbildung 3: Q-Winkel. Die durch den Femurschaft verlaufende imaginäre parallele Linie bildet im Schnittpunkt mit jener Linie, die den Patellasehnenverlauf repräsentiert, den Q-Winkel. Im vorliegenden Bildbeispiel beträgt der Q-Winkel 15°. Modifiziert nach Oestern et al. 2011, S. 352

Die *Tibial tuberosity trochlear groove distance* (TT-TG-Abstand) bezeichnet den Abstand zwischen dem *Sulcus trochleae* und der *Tuberositas tibiae* in zwei übereinander projizierten CT- oder MRT-Schichten. Normalwerte liegen im Bereich von 12-15 mm. Dejour et al. konnten in ihrem Patientenkollektiv in 56% der Fälle einen TT-TG-Abstand von über 20mm nachweisen (Dejour et al. 1994). Viele verschiedene Faktoren beeinflussen dabei das Ergebnis der TT-TG-Messung. Sie ist untersucher- und größenabhängig und verändert sich zusätzlich bei assoziierten Trochleadysplasien und ist damit häufig größeren Varianzen unterworfen. Der Quadrizeps-Winkel (Q-Winkel) wird aus der imaginären Linie zwischen der *Spina iliaca anterior superior*, dem Patellamittelpunkt und der *Tuberositas tibiae* gebildet und ist in Abbildung 3 dargestellt (Smirk und Morris 2003). Aglietti et al. definierten die Normalwerte für den Q-Winkel in ihrem Studienkollektiv bei Männern mit $14 \pm 3^\circ$ und bei Frauen mit $17 \pm 3^\circ$ (Aglietti et al. 1983).

1.4.5 PATELLA ALTA / PATELLA TILT / PATELLA SHIFT

Ist die Position der Patella höher als normal, so spricht man von einer Patella alta oder *high riding patella*. Diese führt dazu, dass die Patella bei der Knieflexion erst verspätet in die Trochlea eintritt und damit anfälliger für eine extensionsnahe Luxation ist (Arendt et al. 2002; Beasley und Vidal 2004; Fithian et al. 2004). Ätiologisch kommt nach Dejour et al. eine *Musculus quadriceps femoris*-Dysplasie mit verkürztem Quadrizeps-Sehnenkomplex in Frage, diskutiert wird aber ebenso auch eine eher zu lange Patellasehne (Dejour et al. 1994). Etablierte Messmethoden der Patellahöhe sind die Indices nach Caton-Deschamps, Insall-Salvati, Labelle-Laurin, Blumensaat und Blackburne-Peel.

Der patellare Tilt bzw. Shift ist ebenfalls häufig mit rezidivierenden Patellaluxationen assoziiert und entsteht nach den Einschätzungen Dejour et al. ebenso wie die Patella alta aufgrund einer Dystrophie des *Musculus quadriceps femoris*. Es kann aber auch ebenso durch ein kontraktes laterales Retinakulum, eine Insuffizienz des MPFLs oder auch durch intraartikuläre Ergussbildungen bedingt sein. Im Falle eines erhöhten Patella Tilt besteht eine Verkipfung der Patella in der Frontalebene von über 20° nach lateral (Dejour et al. 1994).

Der Patella Tilt ist aber mehr ein Symptom als eine Ursache der Patellainstabilität. Sobald der *Sulcus trochlearis* nicht mehr physiologisch geformt und somit flacher ist (insbesondere Trochleadysplasien B und D), wird die Patella automatisch nach lateral und proximal gedrückt (Schmelting 2010).

1.4.6 TORSIONSABWEICHUNG UND ACHSFEHLSTELLUNG

Als weitere anatomische Formveränderungen prädisponieren vor allem sowohl Torsionsabweichungen des Femurs und der Tibia als auch Achsfehlstellungen in der Frontalebene (*Genu valgum*) zur Patellaluxation. Sowohl eine erhöhte Femurantetorsion als auch die Tibiaaußentorsion resultieren in einem erhöhten TT-TG-Abstand. Beide Entitäten sind neben der Patellainstabilität auch häufig mit einem vorderen Knieschmerz-Syndrom assoziiert. Um bei einer abnormalen Femurinnentorsion den ebenfalls innenrotierten Fuß wieder

in Normalstellung zu bringen, führen Patienten eine Außenrotation des Fußes durch, welche dann aber die Tibia ebenfalls außenrotiert und daraus ein erhöhter Q-Winkel und *Patellamaltracking* resultieren. Es entsteht ein erhöhter Anpressdruck im lateralen Femoropatellargelenk und eine Lateralisationstendenz der Patella (Schaller et al. 2015). Ab welchem Grad der Torsionsabweichung eine Korrektur erfolgen sollte ist zurzeit noch Gegenstand der Forschung. Die momentane Studienlage tendiert dazu bei entsprechendem klinischem Beschwerdebild eine Korrektur ab einer Erhöhung von 10° oder mehr durchzuführen (Strecker et al. 1997; Dickschas et al. 2012; Drexler et al. 2014).

Neben den genannten Torsionsabweichungen kann auch bei Achsfehlstellungen wie dem *Genu valgum* eine Achskorrektur nötig sein (Schaller et al. 2015). Allerdings existieren in der Literatur auch hierzu keine genauen Daten.

1.5 THERAPIE

Kommt es zu rezidivierenden Luxationen, so muss die Behandlung speziell die zugrundeliegenden pathoanatomischen Ursachen adressieren und stellt somit eine OP-Indikation dar. Die MPFL-Plastik hat sich in den letzten Jahren dabei als ein sehr erfolgreiches operatives Verfahren entwickelt. Hierbei wird das insuffiziente MPFL durch verschiedene autologe Sehnen (Grazilis- oder Semitendinosussehne, Quadrizepssehne, Patellasehne, Adduktormagnus-Sehne) verstärkt. Die Trochleoplastik korrigiert das Patellagleitlager (*Trochlea femoris*) und korrigiert den statischen Stabilisator der Patella bei Vorliegen einer Trochleadysplasie (Stupay et al. 2015). Diese beiden operativen Verfahren werden im Folgenden näher erläutert.

1.5.1 MPFL-PLASTIK

Es herrscht Einigkeit darüber, dass das MPFL als einer der wichtigsten passiven Stabilisatoren einer Luxation nach lateral entgegenwirkt und in über 90% bei Patellaluxationen mit verletzt wird (Burks et al. 1998). Deswegen hat sich die anatomische Rekonstruktion des MPFLs sowohl als zusätzliches Verfahren (insbesondere in Kombination mit der Trochleoplastik) als auch als isoliertes gängiges Verfahren zur Behandlung der patellaren Instabilität etabliert (Sallay et al. 1996; Muneta et al. 1999; Nomura et al. 2000; Drez et al. 2001; Hinton und Sharma 2003; Bicos et al. 2007; Andrish 2008; Testa et al. 2015).

Das Prinzip der Operation ist, die an der Innenseite der Patella und dem Femur verlaufende rupturierte Bandstruktur zu verstärken. 1992 war Ellera Gomes der erste Autor, der die MPFL-Plastik als neues Verfahren zur Behandlung der operationsbedürftigen Patellaluxation empfahl (Ellera Gomes 1992). Seitdem wurden viele verschiedene Techniken der Rekonstruktion in der Literatur beschrieben. Dabei geht es vor allem um die MPFL-Plastik unter Verwendung der Semitendinosus- oder Grazilissehne, ebenso Verwendung finden aber auch die Adduktor magnus-Sehne oder ein Streifen der Patella- oder Quadrizepssehne (Ellera Gomes 1992; Burks und Luker 1997; Drez et al. 2001; Davis und Fithian 2002; Teitge und Torga-Spak 2004; Steensen et al. 2005; Nomura und Inoue 2006; Steiner et al. 2006; Schottle et al. 2008). Die jeweilige Sehne wird im anatomischen Verlauf des nativen MPFL sowohl an der Patella als auch am Femur befestigt, um damit den nach lateral wirkenden Kräften wieder adäquat entgegenzuwirken. Der Vorteil an der Semitendinosus- und der Grazilissehne ist, dass beide eine höhere Reißfestigkeit als das MPFL besitzen und damit auch möglicherweise die luxationsfördernden Faktoren, wie eben eine Trochleadysplasie, kompensieren können.

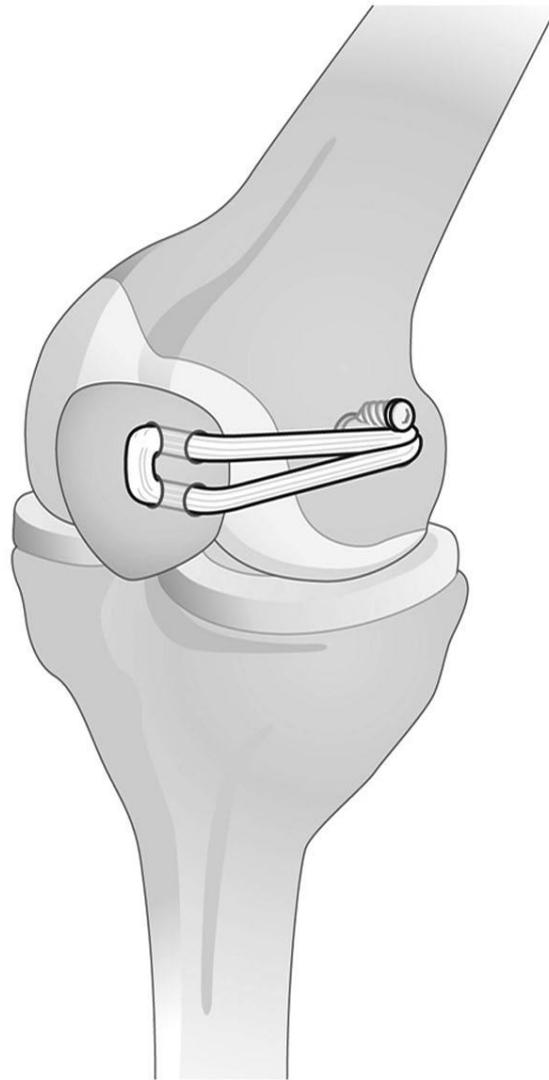


Abbildung 4: Schema der MPFL-Rekonstruktion. Die autologe Muskelsehne dient als Verbindung zwischen medialer Femurkondyle und dem Ansatzpunkt des MPFLs. Modifiziert nach Enderlein et al. 2014, S. 2460

Derzeitige Systematische Reviews zeigen für die MPFL-Plastik signifikante Verbesserungen in klinischen *Outcome*-Scores bei gleichzeitig niedrigen Reluxationsraten (1-3%) und stetig sinkenden Komplikations- und Misserfolgsquoten (Mackay et al. 2014; Stupay et al. 2015; Testa et al. 2015). Allerdings wurden die *Outcome*-Parameter einschließlich Reluxationsraten von diversen Autoren bei hohen Trochleadysplasien (insb. B & D) als weniger zufriedenstellend beschrieben (Wagner et al. 2013; Enderlein et al. 2014; Nelitz et al. 2014).

1.5.2 TROCHLEAPLASTIK

Ab einer Trochleadysplasie vom Typ B oder höher weist die Trochlea einen Kalibersprung oder allgemein ein zu flaches oder konvexes Gleitlager auf. Als kausale Behandlungsmöglichkeit wird die Trochleaplastik derzeit vor allem bei einer Trochleadysplasie vom Typ B und D empfohlen, bei Typ C erst ab einem lateralen Trochleaanklinationswinkel $< 12^\circ$ und entsprechender Klinik, also patellarer Instabilität bzw. positivem *Apprehension Sign* bei $> 30^\circ$ (Ryzek und Schottle 2015). Das Prinzip der Trochleaplastik ist die Wiederherstellung eines kongruentes Patellofemoralgelenks mit verbesserter knöcherner Führung und besserer Integrität der Patella (Blønd und Haugegaard 2014). Es gibt 3 aktuell verwendete Trochleaplastik-Techniken. Die Erstbeschreibung bzw. Durchführung, welche heute als überholt gilt, beinhaltete die Anhebung der lateralen Trochleafacette (Albee 1915). Albee erreichte diese Anhebung der lateralen Knochenbarriere der Trochlea mit einem Knochenkeil, der den lateralen Zugkräften des *M. quadriceps femoris* entgegen wirken sollte, bewirkte damit aber auch gleichzeitig erhöhte patellofemorale Drücke mit vorzeitiger Arthrose (Dejour et al. 1990). Danach folgte 1978 die Sulcus-vertiefende Trochleaplastik durch den Erstbeschreiber Masse, die im Folgenden durch Dejour und Saggin et al. modifiziert wurde (Masse 1978; Dejour et al. 1990; Dejour und Saggin 2010). Die zweite aktuell relevante Methode beruht auf Bereiter und Gautier aus dem Jahre 1994 und wurde später von Knoch et al. modifiziert und ist heute auch bekannt als die Bereiter-Technik (Bereiter und Gautier 1994; Knoch et al. 2006). Gemeinsam ist den Sulcus vertiefenden Trochleaplastiken die Wiederherstellung der physiologischen zentralen Vertiefung der Trochlea zur medialen und lateralen Begrenzung. Die *Recession Wedge*-Trochleaplastik wurde 2002 von Goutallier et al. erstbeschrieben und verfolgt das Ziel, die Trochleakonvexität auf das gleiche Niveau wie den vorderen Femoralkortex zu bringen, anstatt die Trochlea zu vertiefen. Angelehnt an Schmelting sind die wesentlichen Korrekturansätze der Trochleaplastik die Normalisierung der Trochleadysplasie, des TT-TG-Abstands, des Patella Tilts/Shifts und das *Remodelling* der Trochlea (Abbildung 5) (Schmelting 2010).

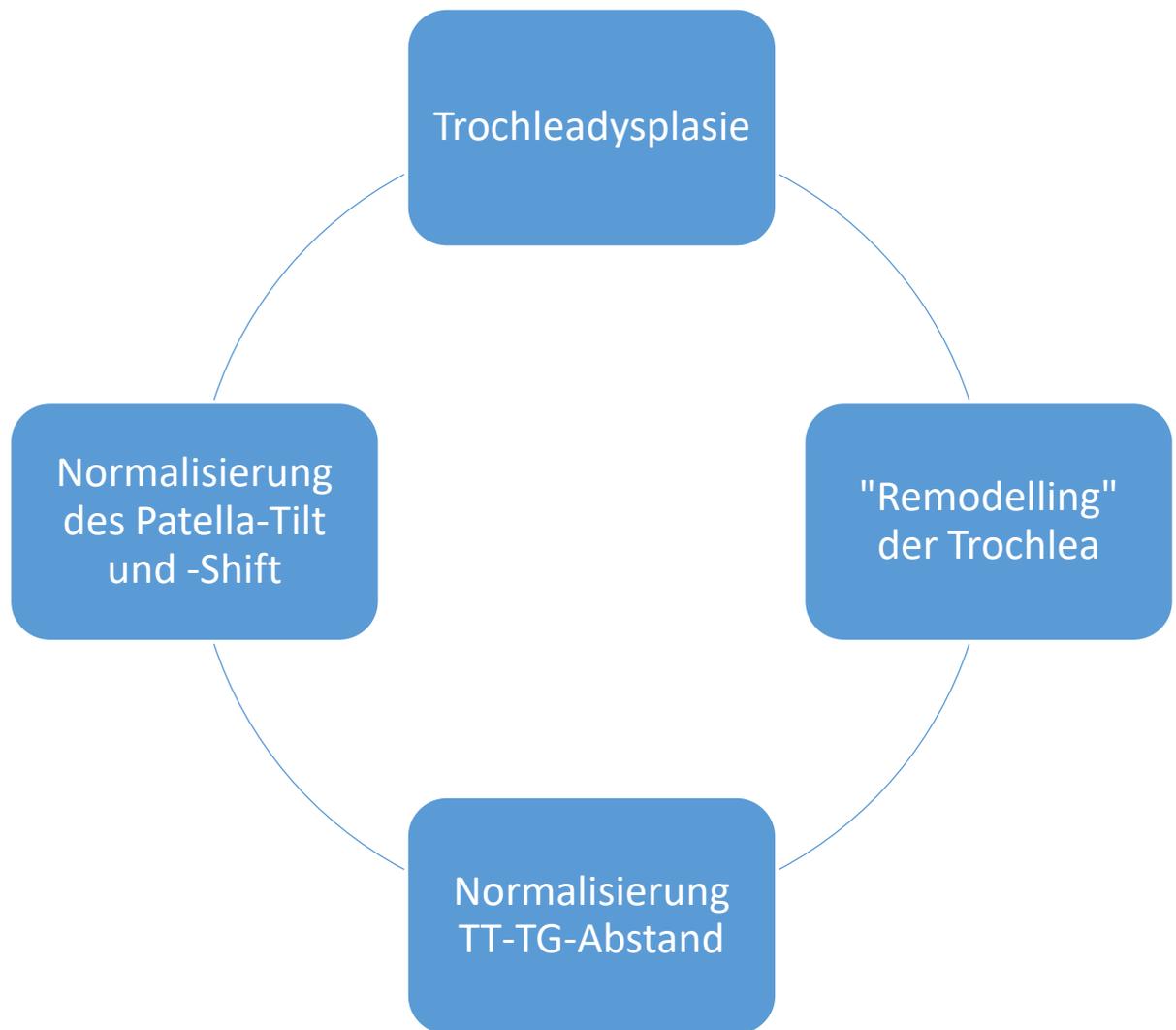


Abbildung 5: Korrekturansätze der Trochleoplastik. Angelehnt an Schmeling 2010

Nach Einschätzung von Schmeling sollte die Trochleoplastik mit ihrer Invasivität und technischem Anspruch nur bei ausgeprägten Trochleadysplasien und gleichzeitig fehlenden Knorpelläsionen von erfahrenen Chirurgen angewendet werden (Schmeling 2010).

1.6 ZIELSETZUNG

Bislang existiert keine Studie, die die klinischen Ergebnisse der Trochleoplastik und der isolierten MPFL-Plastik direkt miteinander vergleicht und insbesondere die Ergebnisse in Bezug zu den jeweils vorhandenen Trochleadysplasien setzt. Die momentan verfügbare Literatur zur Frage, welche der beiden Therapieoptionen sich in Hinblick auf das klinische Ergebnis besser eignet, berichtet für beide operative Interventionen über gute Ergebnisse. So konnten Testa et al. in ihrer systematischen Übersichtsarbeit sowohl für die Trochleoplastik als auch die MPFL-Plastik eine identische Verbesserung der postoperativen Kujala-Scores bei gleichzeitig niedrigen Reluxations- bzw. Subluxationsraten verzeichnen (Testa et al. 2015). Auch Song et al. wiesen in ihrem Review eine signifikante Verbesserung in beiden Kohorten nach, brachten ihre Ergebnisse aber genauso wie Testa et al. in keinen Zusammenhang mit den zugrunde liegenden präoperativen Trochleadysplasien (Song et al. 2014; Testa et al. 2015). Zusätzlich verglichen Song et al. die Trochleoplastik (+ zusätzliche Verfahren) mit „Nicht-Trochleoplastik“-Verfahren. Dies schloss weitere operative Methoden der Behandlungsstrategie mit ein. Dazu zählten die Fulkerson-Osteotomie, die arthroskopische Naht des medialen Retinakulums und das Insall-Verfahren zur proximalen Korrektur der Patella. Lediglich 2 Studien in der „Nicht-Trochleoplastik“-Gruppe führten eine isolierte MPFL-Plastik durch (Song et al. 2014). Es bleibt demnach fraglich, ob eine isolierte MPFL-Plastik eine adäquate Therapieoption für Patienten mit rezidivierenden Patellaluxationen und zugrunde liegender höhergradiger Trochleadysplasie darstellt, oder aber die Trochleoplastik mit ihrer größeren Invasivität und technischen Anforderungen die bessere Wahl für ein zufriedenstellendes klinisches Ergebnis und ein stabiles Patellofemoralgelenk ist. Ziel der Studie sollte es daher sein, evidenzbasiert ein Urteil zur Frage „Trochleoplastik oder MPFL-Plastik bei gleichzeitig vorhandener schwerer Trochleadysplasie“ zu finden, indem die derzeitig vorhandene Literatur sowohl qualitativ als auch quantitativ in Form eines Systematischen Reviews bzw. einer Meta-Analyse analysiert wurde. Wir stellten im Voraus die gängige Expertenmeinung als Hypothese auf, dass die Trochleoplastik eine niedrigere Reluxationsrate und ein besseres klinisches *Outcome* gegenüber der isolierten MPFL-Plastik bei Patienten mit schwerer Trochleadysplasie, entsprechend den Dejour-Typen B bis D bzw. B und D, aufweisen würde.

2 MATERIAL UND METHODEN

2.1 EINFÜHRUNG

Die Cochrane Collaboration definiert ein Systematisches Review als Sekundärforschung, bei der zu einer klar formulierten Frage alle verfügbaren Primärstudien systematisch und nach expliziten Methoden identifiziert, ausgewählt, kritisch bewertet und die Ergebnisse extrahiert und deskriptiv oder mit statistischen Methoden quantitativ (Meta-Analyse) zusammengefasst werden (Cochrane Collaboration). Dabei muss lückenlose Transparenz gewährleistet werden, welche durch präzise Beschreibung der Vorgehensweisen erreicht werden soll.

2.2 EIN- UND AUSSCHLUSSKRITERIEN

Folgende Kriterien wurden für die Studienauswahl festgelegt:

- Studie enthält Patienten mit rezidivierenden Patellaluxationen
- Adäquate Angabe von präoperativen Ausgangsbedingungen, insbesondere der Grad der Trochleadysplasie
- Klinisches *Outcome* wird sowohl prä- als auch postoperativ mit dem Kujala-Score beschrieben
- Behandelt wird mit Trochleaplastik und/oder MPFL-Plastik
- Das Patientenkollektiv hat mind. eine Trochleadysplasie vom Typ B (nach Dejour) oder mehr.
- Menschliche Studienteilnehmer
- Sprache: Deutsch & Englisch
- Evidenzstufen 1 – 4

Anhand dieser Auswahlkriterien wurde in Zusammenarbeit mit dem Institut für medizinische Statistik der Universitätsmedizin Göttingen der Suchalgorithmus entwickelt.

2.3 SUCHALGORITHMUS

Die Startsuche wurde am 29.10.2015 in der Datenbank der *Medical Literature Analysis and Retrieval System* (MEDline) des US-amerikanischen *National Center for Biotechnology Information* (NCBI) nach folgenden Suchbegriffen durchgeführt und am 15.08.2016 ein weiteres Mal aktualisiert und ergänzt:

Erkrankung

1. *Patellar instability*
2. *Patellar dislocation*
3. *Patell* dislocation*
4. *Trochlear dysplasia*
5. *Luxating patella*
6. *Luxating patellar*

Therapie

7. *Medial patellofemoral*
8. *Medial patello-femoral*
9. *Trochleoplasty*
10. *Trochleoplasties*
11. MPFL

Der finale Suchalgorithmus lautete wie folgt:

(#1 OR #2 OR #3 OR #4 OR #5) AND (#7 OR #8 OR #9 OR #10 OR #11)

Um die Validität der Studienausswahl zu erhöhen, haben Herr Priv.-Doz. Dr. med. Balcarek und ich unabhängig voneinander unter den definierten Ein- und Ausschlusskriterien jene Studien ausgewählt, die anhand von Titel und Abstract für die Fragestellung in Betracht

kamen. Im Anschluss wurde die Auswahl diskutiert und verglichen. Im Falle eines Diskurses bestand die Möglichkeit, auf einen dritten erfahrenen Reviewer zurück zu greifen. Die nach Titel und Zusammenfassung ausgewählten Studien wurden anschließend in ihren Volltexten weiter auf ihre Eignung geprüft und danach endgültig ein- bzw. ausgeschlossen.

Außerdem wurden die eingeschlossenen Studien in ihren Literaturverzeichnissen auf Studien durchsucht, die in der eigenen Suche nicht erfasst wurden. Der Abgleich erbrachte keine neuen Ergebnisse und bekräftigte die eigene Studienausswahl. Die Volltexte wurden über den Göttinger Verbundkatalog (GUK), den gemeinsamen Verbundkatalog (GVK) oder sofern nicht frei zugänglich, über die Fernleihe beschafft.

2.4 DATENEXTRAKTION

Alle eingeschlossenen Studien wurden hinsichtlich folgender Parameter evaluiert:

1. Anzahl der Patienten bzw. Kniegelenke
2. Patientendemographien
3. Typ der Trochleadysplasie nach der Dejour-Klassifikation
4. Begleiteingriffe
5. Alle *Outcome*-Parameter (Kujala-, Lysholm-, Tegner-, VAS-, IKDC- & subj. Scores) prä- und postoperativ zusammen mit ihren Standardabweichungen und Signifikanzwerten
6. Komplikationsraten / Begleitverletzungen
7. Follow Up-Zeitraum
8. *Coleman Methodology Score* (Sambandam et al. 2006)

Die Studien von Wagner et al., Howells et al., Kita et al. und Mulliez et al. haben für ihr gesamtes Patientenkollektiv die Ergebnisse zusammengefasst. Da in diesen Arbeiten auch die Ergebnisse der Patienten mit nicht vorhandenen oder leichten Trochleadysplasien (Typ

0 oder A nach Dejour) einbezogen wurden, war erst nach direktem schriftlichem Kontakt mit den Autoren eine Subgruppen-Analyse möglich.

Tabelle 1: Subgruppenanalyse der Studien der MPFL-Kohorte. Vergleichend sind die präoperativen und postoperativen Kujala-Scores mit ihren Standardabweichungen in Abhängigkeit der Trochleadysplasien dargestellt.

Trochleadysplasie nach Dejour						
Kujala Score	B		C		D	
	präOP	postOP	präOP	postOP	präOP	postOP
Kita et al.	70.67 ±10.23	93.67 ±4.46	67.28 ±8.73	92.57 ±4.28	60.88 ±7.24	93.25 ±5.44
Mulliez et al.	55.25 ± 14.2	68.92 ± 20,71	55.0 ± 26.14	83.3 ±17.95	45.71 ± 23.76	75.0 ± 22.83
Howells et al.	50.4 ±19.5	82.1 ±18.3	-	-	-	-
Banke et al.	51.3 ±19.05	84.5 ±17.82	51.64 ±24.61	90.55 ±11.01	48.67 ±30.09	83.0 ±15.62

Tabelle 1 zeigt die spezifische Subgruppenanalyse der Kujala-Scores vor und nach der Intervention in Bezugnahme auf die jeweiligen Trochleadysplasien. Dennoch beziehen sich die beschriebenen Komplikationen in den erwähnten Studien immer auf das gesamte Patientenkollektiv und lassen keine separate Interpretation hinsichtlich der Trochleadysplasien zu.

2.5 STATISTISCHE METHODEN

2.5.1 OUTCOMES UND DATENEXTRAKTION

Für die quantitative Analyse bzw. Gegenüberstellung der Verfahren eignete sich der einheitlich verwendete Kujala-Score aufgrund seiner anerkannten Praktikabilität als *Outcome-Score*. Dafür waren sowohl die prä- als auch postoperativen Mittelwerte und Standardfehler nötig. Wenn in den Studien keine Mittelwerte oder Standardfehler für den Kujala-Score angegeben waren, wurden diese, sofern möglich, aus den vorhandenen Daten berechnet bzw. abgeschätzt. Bei den verwendeten Methoden wurde auf die Empfehlungen des *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions* (<http://handbook.cochrane.org/>) zurückgegriffen. Für den Fall, dass kein Streumaß in der Arbeit angegeben wurde, konnte der Standardfehler, sofern ein t-Test angewendet wurde, rückwärts aus Teststatistik, Mittelwertsdifferenz und Anzahl der Patienten errechnet werden. Da die publizierten p-Werte in der Regel aufgerundet wurden, konnte so eine konservative Abschätzung des Standardfehlers durchgeführt werden. Anhand dieses Verfahrens wurden die Standardabweichungen für die Studie von Ntagiopoulus et al. errechnet und mit in die Meta-Analyse einbezogen. Als sekundären Endpunkt untersuchten wir die jeweiligen Re- bzw. Subluxationsraten der beiden gegenübergestellten Studienkollektive.

2.5.2 DATENANALYSE

Für die Analyse der Daten wurden die Mittelwertdifferenzen und die zugehörigen Standardabweichungen zwischen den prä- und postoperativen Kujala-Scores für die Trochlea-plastik und das MPFL-Verfahren betrachtet. Positive Werte stehen für eine Verbesserung des Kujala-Scores. Bei der Mehrheit der verwendeten Studien wurde der Standardfehler der Mittelwerte nicht mit angegeben, sodass dieser über die Standardabweichung errechnet werden konnte. In einem Fall gab es weder Angaben zum Standardfehler noch zur Stan-

dardabweichung, sodass der Standardfehler nach den Empfehlungen des *Cochrane Handbook for Systematic Reviews and Interventions* mit der Mittelwertdifferenz und dem p-Wert ermittelt wurde (Cochrane Collaboration). Da die p-Werte üblicherweise gerundet sind, erscheint der so errechnete Standardfehler größer als er möglicherweise wirklich war.

Da keine Studie die beiden operativen Interventionen direkt vergleicht, erstellten wir für beide Gruppen jeweils eine *Random Effects*-Meta-Analyse, die die durchschnittliche Kujala-Score-Erhöhung von prä- zu postoperativ veranschaulicht. Das dafür verwendete Computerprogramm war „RevMan“ Version 5.2.

Zwei Interpretationsmodelle wurden gegenübergestellt: Im ersten Modell wurde in beiden Studiengruppen eine Analyse der durchschnittlichen Kujala-Score-Erhöhung für jene Patienten mit Trochleadysplasien $\geq B$ durchgeführt. Der zweite Ansatz beinhaltet im Gegensatz zu Modell 1 keine Patienten mit Trochleadysplasie C. Bei Ansatz 2 konnten die beiden Studien von Blønd und Camathias aufgrund nicht vorhandener Subgruppenanalysen nicht mit einbezogen werden (Blønd und Haugegaard 2014; Camathias et al. 2016).

2.5.3 STUDIENQUALITÄT

Für jede Studie wurde der *Coleman-Methodology-Score* errechnet, der eine Einschätzung über die Studienqualität geben soll. In diesen Score gehen neben dem Studiendesign auch Kriterien wie die Qualität der gemessenen *Outcome-Scores* ein. Dies spiegelt damit die Gesamtqualität der eingeschlossenen Studien adäquater wider (Sambandam et al. 2006).

3 ERGEBNISSE

3.1 LITERATURRECHERCHE

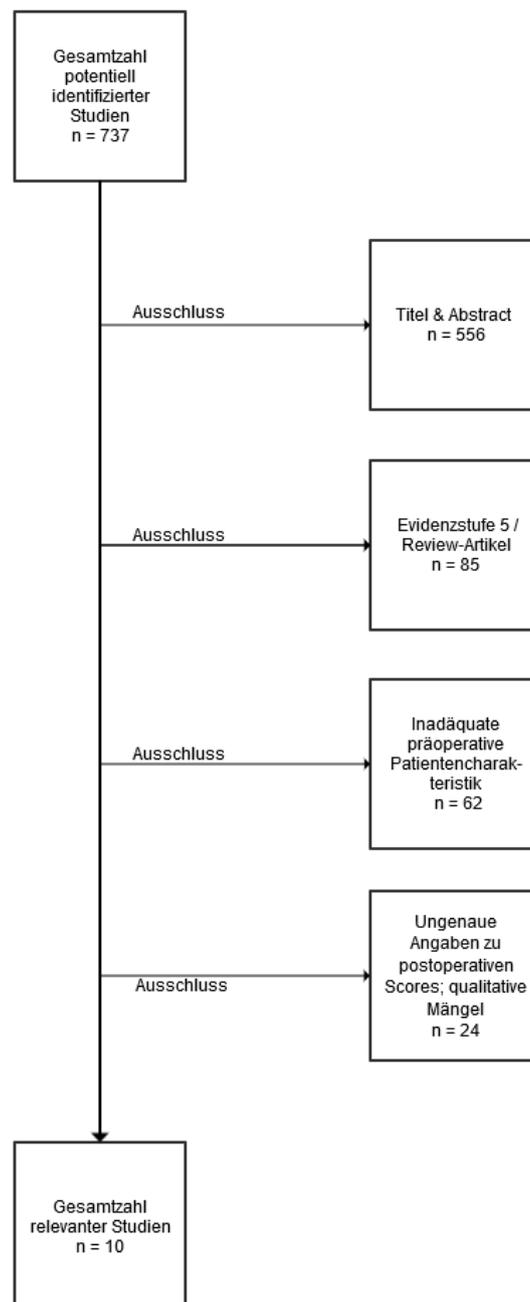


Abbildung 6: Flussdiagramm. Nach initial 737 potentiell relevanten Studien konnten schlussendlich 10 Studien integriert werden. In Anlehnung an das *PRISMA flow diagram*

Die Literaturrecherche erbrachte 737 potentielle Studien. Bei genauerer Betrachtung konnten bereits 556 Studien aufgrund ihres Titels oder Abstracts, sowie 85 Artikel mit der Evidenzstufe 5, als nicht relevant eingestuft werden. Weitere 62 Studien wiesen inadäquate präoperative Patientencharakteristiken auf, als gleich insbesondere die ungenaue oder fehlende Beschreibung der exakten Trochleadysplasien. Auch ungenaue Angaben zu postoperativen Scores und hier insbesondere dem Kujala-Score wie auch qualitative Mängel führten zu weiteren 24 ausgeschlossenen Studien, sodass nach Anwendung aller Ein- bzw. Ausschlusskriterien 10 Studien eingeschlossen werden konnten (Abbildung 6).

Von den 10 eingeschlossenen Studien behandeln 6 Studien das Trochleoplastik-Verfahren und 4 Studien die MPFL-Plastik zur Therapie der patellofemorale Instabilität. Die Evidenzgrade der eingeschlossenen Studien bewegten sich lediglich im Bereich 3 und 4. Derzeit gibt es keine Studie, welche die Ergebnisse einer isolierten MPFL-Plastik mit denen der Trochleoplastik unter Berücksichtigung der Dysplasieschwere direkt miteinander vergleicht. Insgesamt stützt sich die Auswahl auf eine Knieanzahl von 407 (374 Patienten). Die Verteilung der Kniegelenke auf die jeweilige Gruppe ist in Abbildung 7 dargestellt:

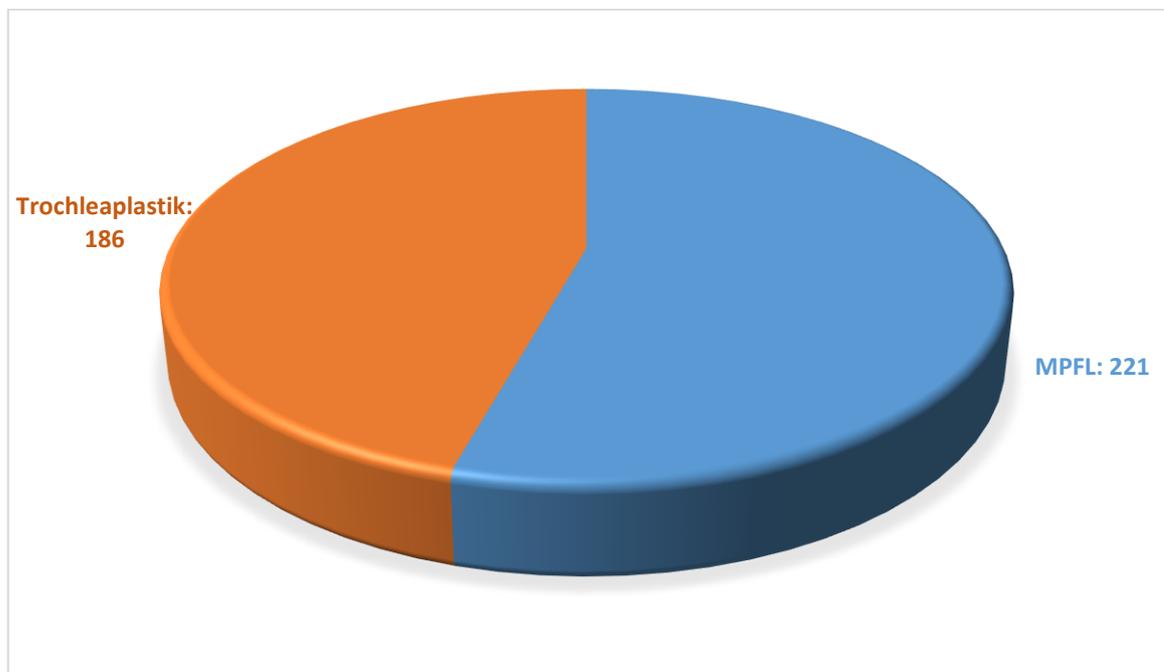


Abbildung 7: Gesamtverteilung der Knie in der MPFL- und TP-Kohorte. Die Abbildung zeigt mit 221 Knien bei dem MPFL-Kollektiv eine leicht höhere Knieanzahl als das TP-Kollektiv mit 186 Knien.

3.2 TROCHLEAPLASTIK-GRUPPE

Die Studien der Trochleoplastik-Kohorte sind mit einem durchschnittlichen Follow Up von 44,3 Monaten (*Range* 12-191 Monate) evaluiert worden. In den eingeschlossenen Studien wurden 131 Knie mit der „Bereiter *Trochleoplasty*“-Methode operiert und 55 Knie der „Dejour *Trochleoplasty*“ unterzogen. Ebenfalls wurde die Trochleoplastik häufig mit anderen Verfahren kombiniert. Banke et al., Blønd und Haugegaard und Nelitz et al. (2013) haben allesamt die Trochleoplastik zusammen mit der MPFL-Plastik (Grazilissehne) durchgeführt. Bei Dejour et al. und Ntagiopoulos et al. kommen zusätzliche Verfahren zur Anwendung. Dazu zählen die *Musculus vastus medialis obliquus*-(VMO-)Augmentation, die *Tuberositas tibiae* Medialisation (*syn. Tibial tubercle transfer*) und das *release* des lateralen Retinakulums (*Lateral retinaculum release*). Camathias et al. führten die Trochleoplastik ausschließlich als isoliertes Verfahren durch. Die zusätzlichen Verfahren der Trochleoplastik-Kohorte sind in Tabelle 2 dargestellt.

Tabelle 2: Zusätzliche Verfahren der Trochleoplastik-Kohorte. Neben der Trochleoplastik wurde von vielen Autoren ergänzend eine MPFL-Rekonstruktion durchgeführt. Nur Camathias et al. führten die Trochleoplastik in Isolation durch.

Autor	Prozedur	Kombinierte Verfahren				
		MPFL	VMO	TTT	MRR	LRR
Camathias et al.	Bereiter	0	0	0	0	0
Banke et al.	Bereiter	18	0	0	0	0
Blond et al.	Bereiter	37	0	0	0	0
Dejour et al.	Dejour	14	10	16	0	6
Nelitz et al.	Bereiter	26	0	0	0	0
Ntagiopoulos et al.	Dejour	5	26	21	0	21

MPFL: MPFL-Plastik; VMO: *M. vastus medialis obliquus*-Augmentation; TTT: *Tibial tubercle transfer*; MRR: *Medial retinaculum release*; LRR: *Lateral retinaculum release*

Wie in den Einschlusskriterien festgelegt, lagen bei den eingeschlossenen Patienten mindestens Trochleadysplasien vom Typ B (nach Dejour) oder höher vor. Die Studien wiesen nach Ausschluss der Nicht- und der Typ A-Dysplasien in der Gesamtheit folgende Verteilung auf:

Dejour Typ:

- B: 60 (32%)
- C: 39 (21%)
- D: 87 (47%)

Die nachfolgende Tabelle 3 zeigt die exakte Dysplasieverteilung der Trochleaplastik-Kohorte:

Tabelle 3: Trochleadysplasie-Verteilung der Trochleaplastik-Kohorte. Dargestellt sind die Trochleaplastik-Studien und die jeweiligen Dysplasieschweren der eingeschlossenen Patienten bzw. Knie

Ersch.-Jahr	Zeitraum	Autor	Anzahl K/P	Typ nach Dejour-Klassifikation				
				0	A	B	C	D
2016	2010 - 2013	Camathias et al.	50/44	0	0	27	17	6
2013	2007 - 2009	Banke et al.	18/17	0	0	4	11	3
2013	2008 - 2011	Blond et al.	37/31	0	0	10	11	16
2013	1993 - 2006	Dejour et al.	24/22	0	0	7	0	17
2013	2007 - 2010	Nelitz et al.	26/23	0	0	0	0	26
2013	1993 - 2006	Ntagiopoulos et al.	31/27	0	0	12	0	19

Anzahl K/P: Anzahl Knie/Patienten

3.3 MPFL-PLASTIK-GRUPPE

Mulliez et al. führten in ihrer Analyse die MPFL-Plastik sowohl isoliert als auch in Kombination mit einer *Tuberositas tibiae*-Medialisation (n=37) durch. Die restlichen eingeschlossenen Studien rekonstruierten das MPFL isoliert ohne weitere Zusatzeingriffe. Im Mittel wurden die Studien 21,5 Monate (*Range* 6-117 Monate) nachbeobachtet. Die Trochleadysplasien wurden (nach Dejour) wie folgt beschrieben:

- B: 165 (75%)
- C: 34 (15%)
- D: 22 (10%)

Tabelle 4 zeigt die Trochleadysplasie-Verteilung innerhalb der eingeschlossenen Studien:

Tabelle 4: Trochleadysplasie-Verteilung der MPFL-Kohorte. Dargestellt sind die MPFL-Studien und die jeweiligen Dysplasieschweren der eingeschlossenen Patienten bzw. Knie

Ersch.-Jahr	Zeitraum	Autor	Anzahl K/P	Typ nach Dejour-Klassifikation				
				0	A	B	C	D
2015	2000 - 2011	Kita et al.	21/21	0	0	6	7	8
2015	2007 - 2013	Mulliez et al.	X/46	0	0	12	20	14
2013	2007 - 2012	Wagner et al.	28/X	0	0	21	7	0
2012	2005 - 2010	Howells et al.	126/126	0	0	126	0	0

Anzahl K/P: Anzahl Knie/Patienten. X: Keine Angabe

3.4 WEITERE PARAMETER IM VERGLEICH

In Abbildung 8 sind die Trochleadysplasien aller Knie beider Kohorten im Vergleich dargestellt:

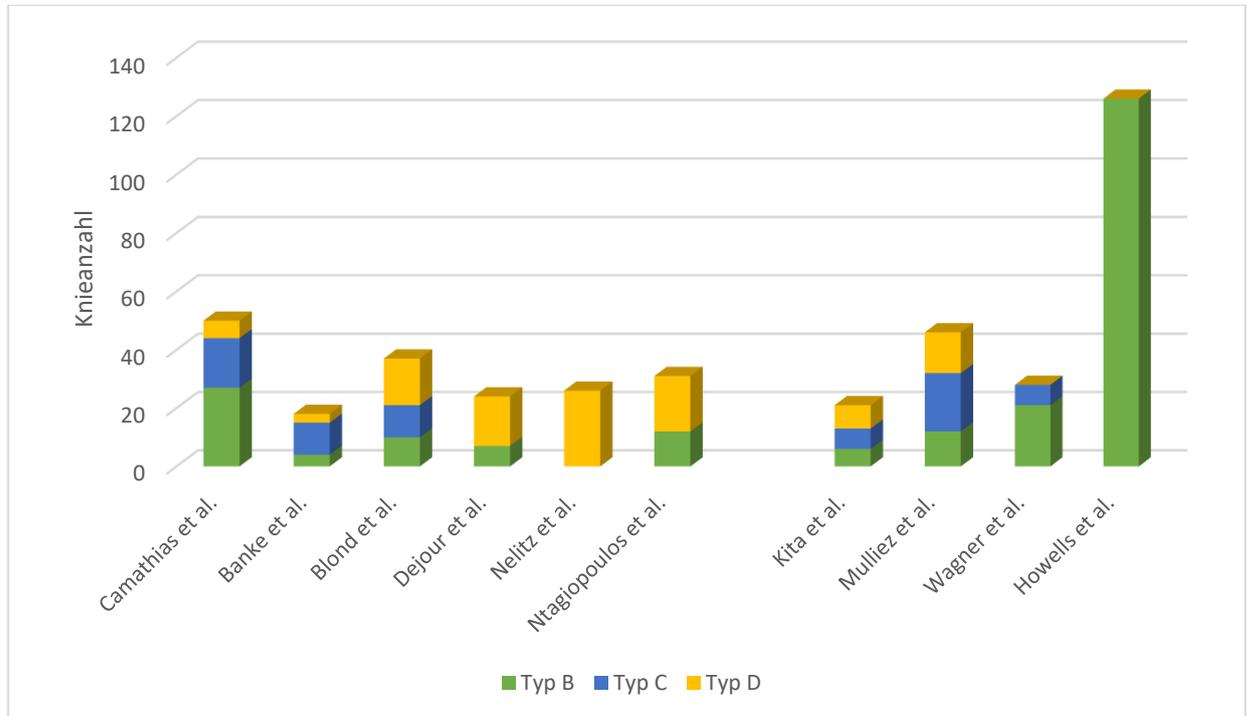


Abbildung 8: Vergleich der Trochleadysplasien beider Studiengruppen. Patienten, die mit der Trochleaplastik behandelt wurden, zeigten präoperativ häufiger höhergradige Dysplasien (Typ D = gelb). Die MPFL-Kohorte wies in unserem Patientenkollektiv vermehrt Dysplasien vom Typ B (grün) auf.

Die demographischen Daten der Patientengruppen einschließlich der Beurteilung des TT-TG-Abstandes und der Patellahöhe sind vergleichend in Tabelle 5 dargestellt:

Tabelle 5: Patientendemographie. In der linken Spalte befinden sich die jeweiligen Studien der beiden Kollektive. In den zugehörigen Zeilen befinden sich relevante präoperative Patientencharakteristiken mit ihren Mittelwerten und Standardabweichungen bzw. *Ranges*.

	Knieanzahl	Alter (in Jahren)	Follow Up (in Monaten)	TT-TG-Abstand (in mm)	Patellahöhe (Caton-Deschamps)
TP-Gruppe					
Camathias et al.	50	15,6 ± 2	33 ± 10,6	n.a.	n.a.
Banke et al.	18	22.2 ± 4.9	30.5 ± 5.9	16,2	n.a.
Blønd et al.	37	19 (12-39)	29 (12-57)	17	1.26
Dejour et al.	24	23 ± 5.5	66 (24-191)	16.6	n.a.
Nelitz et al.	26	19.2 (15.4-23.6)	30 (24-42)	18	1,2
Ntagiopoulos et al.	31	21 ± 7.9 (14-47)	84 (24-108)	19	1,03
<u>Gesamt</u>	<u>186</u>	<u>19,3</u>	<u>44,3</u>	<u>17,5</u>	<u>1,17</u>
MPFL-Gruppe					
Kita et al.	21	25.4 (13-43)	38.4 (24-117)	16,4	1,16
Mulliez et al.	46	22,8 ± 7,7	34,5 ± 15,3	n.a.	1,2
Wagner et al.	28	19 ± 6	12 (12-24)	19,2	1,13
Howells et al.	126	26 (16-49)	16 (6-42)	15,2	1,3
<u>Gesamt</u>	<u>221</u>	<u>24,4</u>	<u>21,5</u>	<u>16,0</u>	<u>1,24</u>

TT-TG: Tuberositas-Tibiae-Trochlea-Groove; n.a.: Nicht angegeben

Die erhobenen Werte der Tabelle 5 beziehen sich in den Studien jeweils auf das gesamte Patientenkollektiv, somit auch auf Patienten, die aufgrund niedrigerer Trochleadysplasien in der Meta-Analyse nicht berücksichtigt wurden. Die Werte wurden mit Mittelwert ± Standardabweichung bzw. bei Nicht-Vorhandensein mit dem Bereich (*Range*) angegeben.

3.5 COLEMAN-METHODOLOGY-SCORE

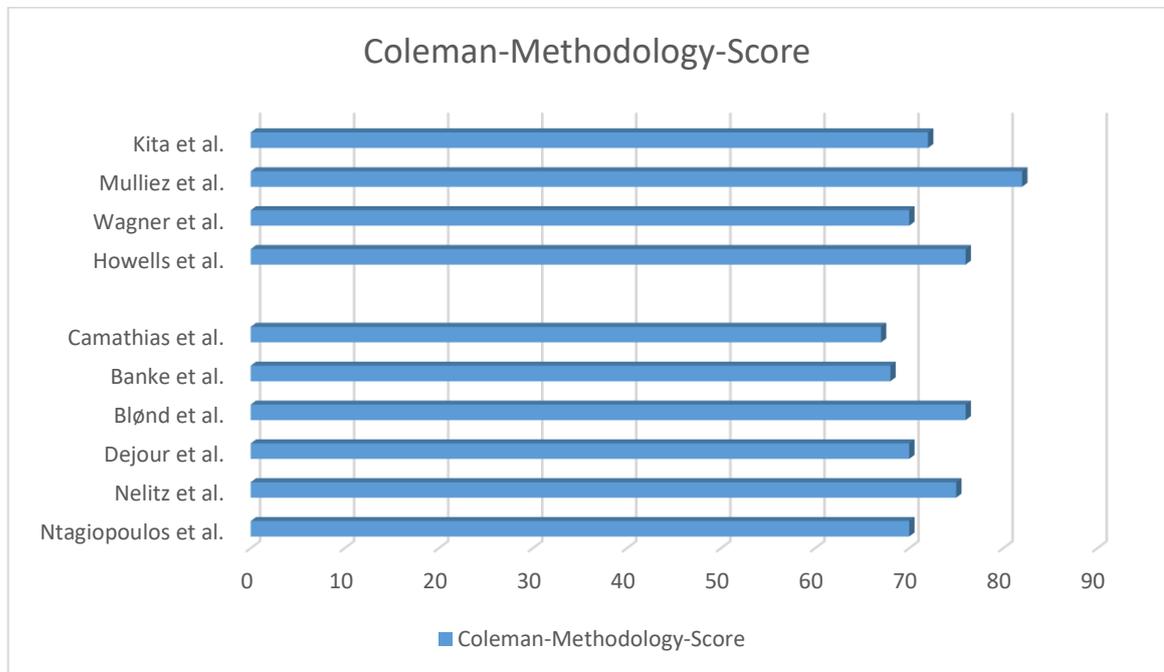


Abbildung 9: Coleman-Methodology-Score im Vergleich. Dargestellt sind alle integrierten Studien und deren Coleman-Methodology-Score als Maß für die Studienqualität.

Der durchschnittliche *Coleman-Methodology-Score* der MPFL-Gruppe ist 75,0 Punkte und jener der Trochleoplastik-Gruppe 71,0 Punkte.

3.6 KUJALA-SCORES

Die Studien der MPFL-Gruppe verzeichneten einen durchschnittlichen präoperativen Kujala-Score zwischen 50,4 und 70,5 Punkten. Die Trochleoplastik-Gruppe rangierte präoperativ zwischen 44,8 und 75,1 Punkten. Postoperativ lagen die Werte der MPFL-Studien zwischen 82,1 und 93,1 Punkten und bei den TP-Studien zwischen 81,7 und 92,1 Punkten. Die expliziten prä- und postoperativen Kujala-Scores beider Studienkollektive sind in Abbildung 10 dargestellt:

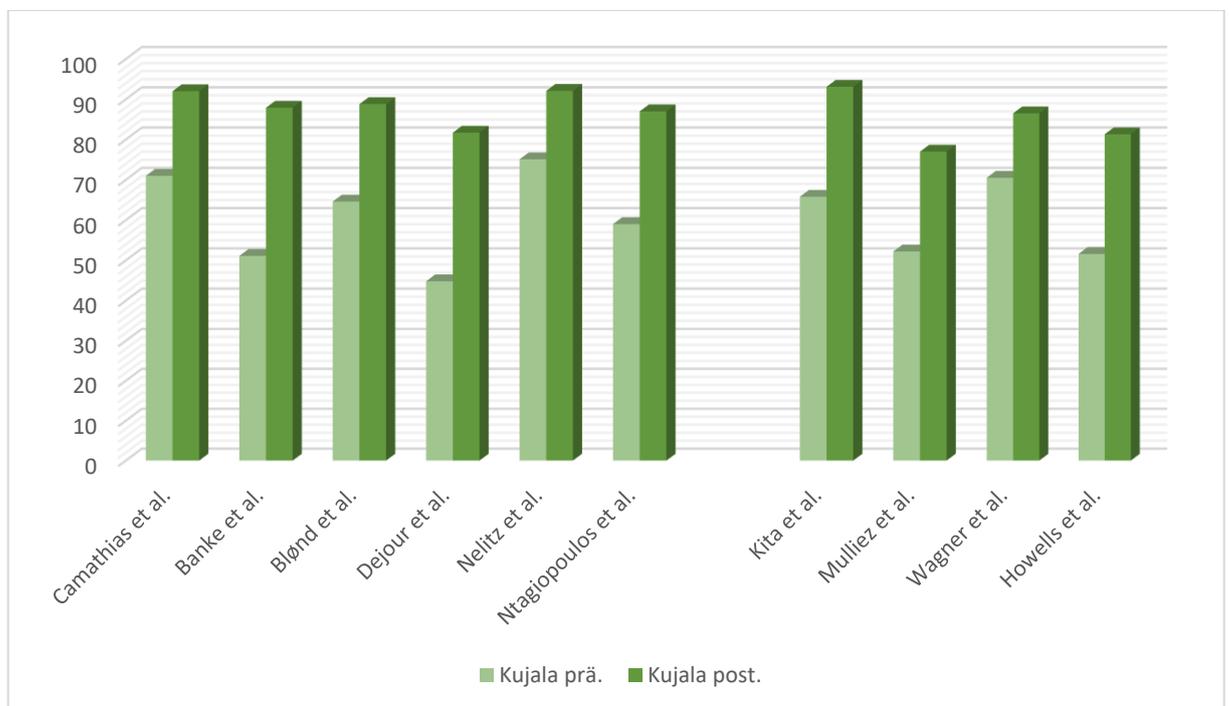


Abbildung 10: Kujala-Scores der Trochleoplastik- und MPFL-Studien präoperativ und postoperativ.

3.6.1 META-ANALYSE MODELL 1: TROCHLEADYSPLASIEN B,C & D

Sowohl für die Trochleaplastik- als auch die MPFL-Kohorte ergab sich eine signifikante durchschnittliche Kujala-Score-Erhöhung nach der Index-OP. Die MPFL-Gruppe verzeichnete eine Score-Verbesserung von 26,24 Punkten (95%CI 19.78, 32.70; $p < 0.00001$) und die MPFL-Gruppe eine Erhöhung von 26,36 Punkten (95%CI 21.40, 31.31; $p < 0.00001$) (Abbildung 12 und 13).

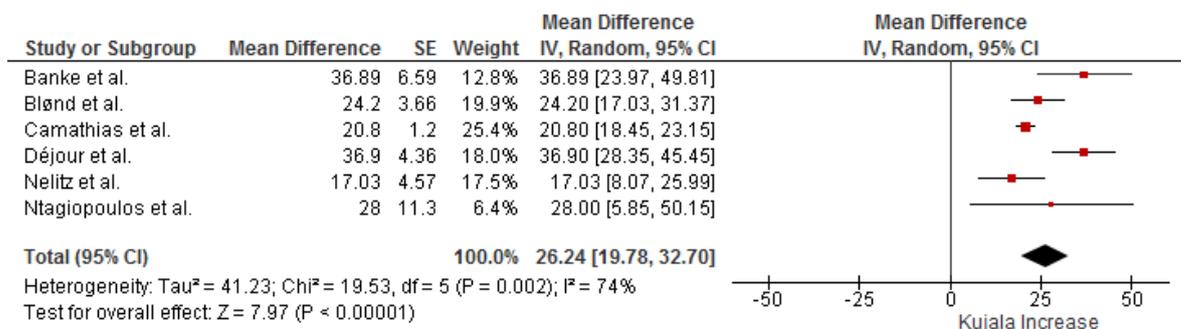


Abbildung 11: Meta-Analyse Trochleaplastik I. Dargestellt sind die durchschnittlichen Kujala-Score Erhöhungen von präoperativ zu postoperativ.

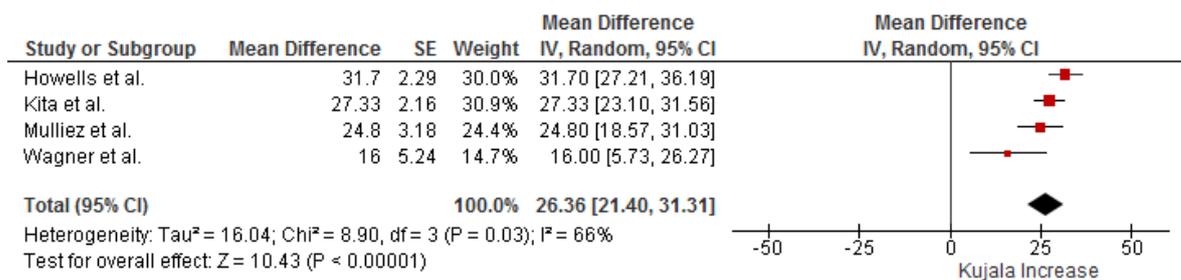


Abbildung 12: Meta-Analyse MPFL-Plastik I. Dargestellt sind die durchschnittlichen Kujala-Score Erhöhungen von präoperativ zu postoperativ.

3.6.2 META-ANALYSE MODELL 2: TROCHLEADYSPLASIEN B & D

Die Kujala-Scores erhöhten sich in Modell 2 im Mittel um 28,37 Punkte (95%CI 16.10, 40.64; $p=0.00001$) für die TP-Gruppe bzw. 26,59 Punkte (95%CI 21.28, 31.89; $p<0.00001$) für das MPFL-Kollektiv und unterschieden sich damit nur marginal vom Modell 1 (Abbildung 13 und 14).

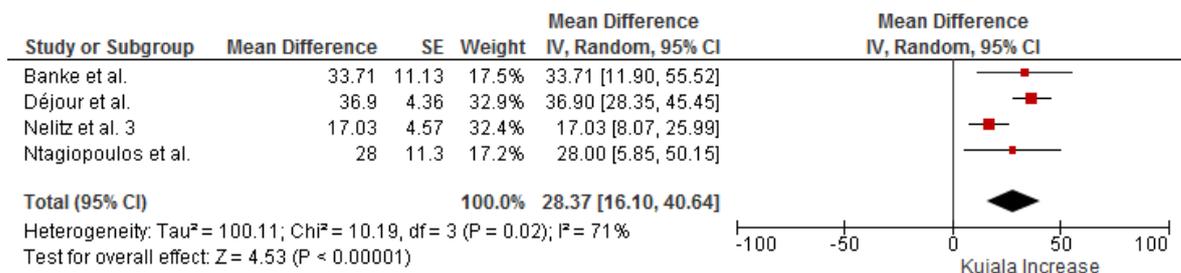


Abbildung 13: Meta-Analyse Trochleaplastik II. Dargestellt sind die durchschnittlichen Kujala-Score Erhöhungen von präoperativ zu postoperativ.

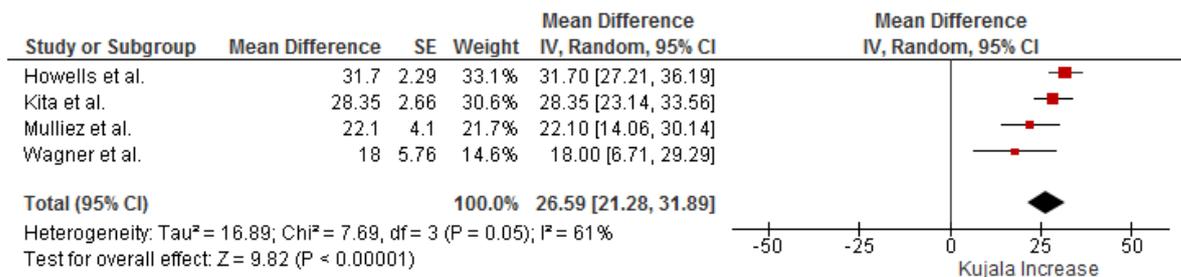


Abbildung 14: Meta-Analyse MPFL-Plastik II. Dargestellt sind die durchschnittlichen Kujala-Score Erhöhungen von präoperativ zu postoperativ.

3.7 KOMPLIKATIONEN

Die Komplikationen der eingeschlossenen Studien variierten je nach Operationstechnik. Die Reluxations-/Subluxationsrate war mit 7,0% (n=30) in der MPFL-Gruppe deutlich höher als in der TP-Gruppe (2,1%; n=4). Ein postoperatives Bewegungsdefizit fand sich bei 2,2% (n=4) der Patienten, die mit der Trochleoplastik behandelt wurden und bei 1,4% (n=6) der MPFL-Patienten. Darüber hinaus wurden für die TP-Kohorte noch zwei Implantatversagen (1,1%) und vier Revisionsoperationen mit Debridement (2,2%) beschrieben. Die MPFL-Gruppe wies ergänzend noch folgende Komplikationen auf: Drei postoperative Patellafrakturen (0,7%), zwei Wundrevisionen (0,5%), eine Konversion zu einem patellofemoralem Gelenkersatz (0,2%), zwei MPFL-Revisionen (0,5%), eine Nahtrevision (0,2%) und zwei Mobilisationen unter Allgemeinanästhesie (0,5%). Auch Schmerzen wurden während des Beobachtungszeitraums in beiden Populationen beobachtet: 6,1% (n=11) der Patienten in der Trochleoplastik- und 1,0% (n=4) der Patienten in der MPFL-Kohorte wiesen postoperative Schmerzen auf.

4 DISKUSSION

Zur Zeit gibt es zunehmend Evidenz zur Überlegenheit der MPFL-Plastik gegenüber einem konservativen Vorgehen zur Behandlung der rezidivierenden Patellaluxation (Bitar et al. 2012). Aktuelle Meta-Analysen attribuieren der MPFL-Plastik gute klinische Ergebnisse und niedrige Reluxationsraten (1-3%) bei sich gleichzeitig stetig verbessernden Komplikationsraten (Mackay et al. 2014; Stupay et al. 2015; Testa et al. 2015). Dennoch zeigt vor allem die MPFL-Literatur häufig eine uneinheitliche Darstellung der prä- und postoperativen Konditionen, sodass viele Studien teils inadäquate Daten und Ergebnisse mit fehlendem Bezug auf wichtige anatomische Risikofaktoren liefern (Tompkins und Arendt 2015). So besitzen Patienten typischerweise anatomische Risikofaktoren, die sowohl bei der Ätiologie als auch für das Therapieregime relevant sind (Steensen et al. 2015). Diese Risikofaktoren sind in ihrer Ausprägung und Kombination aber häufig sehr heterogen verteilt. Steensen et al. assoziierten die Patellaluxation mit einer erhöhten Prävalenz einer Patella alta, eines erhöhten TT-TG-Abstands und des Vorhandenseins einer Trochleadysplasie (Steensen et al. 2015). Hiemstra et al. identifizierten in ihrer Studie ebenfalls wichtige Schlüsselfaktoren für die patellare Stabilität (Sulcus-Winkel, Patella alta, TT-TG-Abstand und femorale Anteversion) mit dem Sulcus-Winkel als Ausdruck der Trochleadysplasie als Faktor mit dem höchsten Einfluss (Hiemstra et al. 2013). Die Biomechanik des Kniegelenks, das Kontaktareal, der Kontaktdruck und die Stabilität der Patella werden also deutlich vom Grad der Trochleadysplasie beeinflusst. Bei den Trochleadysplasien B und D (nach Dejour) ist per Definition ein trochlearer Buckel vorhanden, welcher einen wesentlichen Provokativfaktor für pathologische Kinematiken und erhöhte Kontaktdrücke darstellt (van Haver et al. 2015).

Genau diese Pathologie kausal zu beheben, ist die Grundlage der Trochleoplastik und kann als Normalisierung der biomechanischen Parameter durch Entfernen der femoralen Prominenz bzw. Korrektur der zu flachen oder konvexen Trochlea angesehen werden. Diese Annahme wird gleichzeitig auch durch gute klinische Ergebnisse und niedrige Reluxationsraten gestützt, die bei Patienten mit bereits unzureichenden Voroperationen nach Trochleoplastik-Verfahren beobachtet wurden (Dejour et al. 2013; Blønd und Haugegaard 2014).

Wird die Trochleadysplasie nicht adressiert, lässt die derzeitige Literatur bei alleiniger MPFL-Plastik ein weniger gutes Ergebnis im Gegensatz zu kombinierten Trochleoplastik-Verfahren vermuten (Nelitz et al. 2014). Nelitz et al. und Wagner et al. beschrieben eine signifikante Negativkorrelation für den klinischen Erfolg der isolierten MPFL-Rekonstruktion und des Grades der Trochleadysplasie (Wagner et al. 2013). Ebenso rieten Howells et al. von jener Methode bei höheren Dysplasien ab (Howells et al. 2012). Shah et al. berichteten in ihrem Systematischen Review als Primärkomplikation vor allem über eine erhöhte postoperative Reluxationsrate (Shah et al. 2012). Zusätzlich zeigten Enderlein et al. in ihrer groß angelegten prospektiven Fallserie mit 240 Knien noch weitere Negativeinflüsse auf die MPFL-Plastik. So wurde das postoperative Ergebnis insbesondere dann negativ beeinflusst, wenn die Patienten einen BMI > 30, ein Alter > 30 oder einen Knorpelschaden Grad III oder IV aufwiesen (Enderlein et al. 2014). Ebenso wiesen 70 Prozent des Patientenkollektivs Enderlein et al. präoperativ höhergradige Trochleadysplasien auf. Die Ergebnisse hingegen wurden nicht explizit für jeden Trochleadysplasie-Grad angegeben und lassen somit kein adäquates Urteil über den Einfluss der Trochleadysplasie-Schwere auf das Ergebnis zu. Insgesamt verzeichnete die Studie eine postoperative Reluxationsrate von 4,6% und eine Subluxationsrate von 39% (Enderlein et al. 2014). Alle Studien stellten einen möglichen Zusammenhang der Reluxationsrate mit unzureichendem Fokus auf Komorbiditäten her, vor allem den Schweregrad der Trochleadysplasie.

Es bestehen daher derzeit keine eindeutigen Kriterien oder Grenzwerte, die für eine isolierte MPFL-Plastik als Therapie der Wahl anzusehen sind. Andererseits existieren ebenso keine harten Kriterien, ab wann die MPFL-Plastik durch zusätzliche Verfahren für ein zufriedenstellendes Langzeitergebnis sinnvoll erweitert werden sollte (Tompkins und Arendt 2015). Diesbezüglich hat sich allerdings der Grad der Trochleadysplasie als der wohl relevanteste Parameter etabliert (Nelitz et al. 2014).

Auf der einen Seite stehen also die Vorteile und guten bis sehr guten Studienergebnisse der MPFL-Plastik. Auf der anderen Seite jedoch die biomechanischen Erkenntnisse zur Trochleadysplasie und der Eindruck der erhöhten Reluxationsrate einzelner Level IV-Studien bei Patienten mit hohen Trochleadysplasien. Dieser Konflikt führte zur Formulierung des Themas dieser Doktorarbeit.

Unsere Ergebnisse zeigten sowohl für die isolierte MPFL-Rekonstruktion als auch für die kombinierten Trochleaplastik-Verfahren signifikante Verbesserungen im postoperativen Kujala-Score. Die Meta-Analysen der beiden verschiedenen therapeutischen Herangehensweisen ergaben sowohl für die operativen Methoden untereinander als auch zwischen Modell A und B fast identische Ergebnisse. Somit hatte die Nichtberücksichtigung der Trochleadysplasie C in Modell 2 keinen relevanten Einfluss auf das Gesamtergebnis. Dennoch wurden bei dem Studienkollektiv der MPFL-Gruppe postoperativ sowohl Subluxationen als auch Reluxationen der Patella beobachtet, welche für die Trochleaplastik nicht beschrieben wurden.

Obwohl die Studiengruppen vergleichbare Werte in Bezug auf TT-TG-Abstand und Patella-Höhe aufwiesen, waren die Trochleadysplasien im Gegenzug sehr heterogen verteilt. So wurde insbesondere bei vergleichsweise niedrigeren Trochleadysplasien wie Typ B eher die isolierte MPFL-Rekonstruktion bevorzugt (165 Knie bei der MPFL-Kohorte vs. 60 Knie bei der TP-Kohorte) und bei sehr hohen Dysplasien wie Typ D die Trochleaplastik gewählt (87 Knie beim TP-Kollektiv vs. 22 Knie beim MPFL-Kollektiv). Es ließe sich daher auch argumentieren, dass der kaum vorhandene Unterschied in den postoperativen Ergebnissen deswegen zu verzeichnen war, weil für die Patienten mutmaßlich schon initial das korrekte Verfahren gewählt wurde (Selektionsbias).

Auch wenn viele Autoren die Trochleaplastik bei unzureichenden Voroperationen und höhergradigen Trochleadysplasien als Verfahren der Wahl ansehen, so muss dennoch immer an die prozedurbedingten möglichen Komplikationen gedacht werden. Als Spätkomplikation ist nach aktueller Literatur eine patellofemorale Osteoarthritis nicht unwahrscheinlich. So konnten von Knoch et al. nach einem durchschnittlichen Follow Up von 8 Jahren bei 30% derer Patienten, die mit einem Trochleaplastik-Verfahren behandelt wurden, eine patellofemorale Osteoarthritis nachweisen (Knoch et al. 2006). Ebenso beschrieben auch Smith et al. eine gesteigerte Inzidenz von postoperativen Patellofemoralarthrosen (Smith et al. 2011). Demgegenüber beobachteten Dejour et al. und Ntagiopoulos et al. keine relevante Progression der Osteoarthritis nach 5,5 bzw. 7 Jahren (Dejour et al. 2013; Ntagiopoulos et al. 2013). Viele Patienten besitzen allerdings bereits schon vor der Indexoperation Knorpelschäden. Des Weiteren ist die dysplastische Trochlea an sich schon ein Risikofaktor

für degenerative Veränderung im Kniegelenk (Jungmann et al. 2013). Bei aktueller Studienlage ist daher ein obligater Zusammenhang zwischen Trochleaplastik und patellofemorale Osteoarthrose nicht sicher nachweisbar (Song et al. 2014). Umgekehrt ist die Annahme, dass die Normalisierung der Kinematik/Kontaktdrücke durch die Trochleaplastik einen protektiven Effekt auf das Gelenk darstellt, ebenso nicht belegt und bedarf weiterer Untersuchungen.

Zusätzlich wird die Interpretation der klinischen Ergebnisse enorm durch die individuelle Vielfalt der Begleitrisikofaktoren erschwert und lässt somit keinen akkuraten Rückschluss auf die einzelnen Einflüsse jener Faktoren zu (Balcarek et al. 2014). Auch weitere einschränkende Limitationen verhindern eine bessere Evidenz zum Thema der Arbeit und brachten bereits schon andere Autoren an ihre Grenzen (Song et al. 2014; Testa et al. 2015). Dazu zählen die inadäquate präoperative Analyse wichtiger anatomischer Risikofaktoren, die Heterogenität der Patientenkollektive der verschiedenen Studien, kleine Stichprobengrößen und auch die Varianz der operativen Maßnahmen. Die eingeschränkte Vergleichbarkeit ist besonders bei den Trochleaplastik-Verfahren relevant, da dort häufig ergänzende operative Maßnahmen durchgeführt wurden.

So wird ferner zur Trochleaplastik von fast allen Autoren der eingeschlossenen Studien bei mindestens einem Teil der behandelten Patienten auch die Notwendigkeit einer MPFL-Rekonstruktion beschrieben und durchgeführt (Dejour et al. 2013; Ntagiopoulos et al. 2013; Nelitz et al. 2013; Banke et al. 2014; Blønd und Haugegaard 2014). Dies ist durchaus sinnvoll und nachvollziehbar. Schließlich wirken beide Verfahren synergistisch, indem das MPFL vor allem in einer Beugung zwischen 0° und 30° das Patellofemoralgelenk stabilisiert und eine normale Trochlea-Konfiguration insbesondere ab einer Beugung von 30° wichtig wird. Außerdem verwenden einige Autoren auch eine Kombination aus weiteren Prozeduren, die ein laterales Retinakulum-*release*, *Vastus medialis obliquus*-Plastiken und TT-Osteotomien beinhalteten und als das „a la carte“-Therapieprinzip beworben werden (Dejour et al. 2013; Ntagiopoulos et al. 2013).

Um eine Vergleichbarkeit der Studiengruppen zu gewährleisten, war ein strikter Selektionsprozess nötig. Dies führte aber auch dazu, dass viele potentiell relevante Studien aufgrund von qualitativen Mängeln nicht miteinbezogen werden konnten. Häufig zeigten sich eine inadäquate Beschreibung prä- und postoperativer Parameter und vor allem eine oft

ungenau Darstellung der Trochleadysplasien. Auch die Ergebnisse vieler Studien bezogen sich oftmals nur auf das Gesamtpatientenkollektiv und schlossen somit auch Patienten mit ein, die sehr niedrige oder gar keine Trochleadysplasien zu verzeichnen hatten. Die Errechnung der p-Werte vieler Studien erfolgte durch den Wilcoxon-Test, welcher eine Ermittlung der oft fehlenden Standardabweichung nicht zuließ. Die im Anhang beigefügten Abbildungen 15 und 16 zeigen die potentiell relevanten, jedoch schlussendlich ausgeschlossenen Studien inklusive deren Ausschlussgrund.

Der Kujala-Score als verbindende *Outcome*-Komponente fast aller Studien zeigte sowohl für Patienten mit isolierter MPFL-Plastik als auch für die Trochleaplastik-Verfahren signifikant und äquivalent verbesserte postoperative Werte. Zur Evaluation der patellofemorale Störungen hat sich der Kujala-Score in den letzten 2 Jahrzehnten als der Standard in der Fachwelt etabliert. Dennoch bezieht der Score seine Stärken hauptsächlich aus der Beschreibung des patellofemorale Schmerzes und weniger aus der patellofemorale Instabilität. Es wurde daher bereits diskutiert, ob der Kujala-Score überhaupt in der Lage ist, die komplexe Natur der Patienten mit rezidivierenden Patellaluxationen ausreichend erfassen zu können (Tompkins und Arendt 2015). Für die Zukunft ist es durchaus in Erwägung zu ziehen, potentiell bessere patientenbezogene *Outcome*-Parameter wie den "*Norwich Patellar Instability (NPI) Score*" (Smith et al. 2014) oder das "*Banff Patellar Instability Instrument*" (BANFF) zu verwenden (Tompkins und Arendt 2015; Hiemstra et al. 2016). Hiemstra et al. zeigen in ihrer aktuellen Studie signifikante Korrelationen zwischen dem NPI-Score und dem BANFF.

Die Dauer des durchschnittlichen Nachbeobachtungszeitraums war in der TP-Gruppe mit 48,5 Monaten fast doppelt so hoch wie jener der MPFL-Gruppe (27,8 Monate). Weitere Komplikationen, die über die Zeit entstehen könnten, wurden somit möglicherweise bei den MPFL-Studien weniger erfasst. Ebenso limitierend ist die durchweg niedrige Evidenz der eingeschlossenen Studien (Evidenzstufen 3 und 4). Der ermittelte *Coleman-Methodology-Score* zeigte aber immerhin akzeptable Werte für beide Gruppen.

Trotz der vorhandenen Limitationen ist dies nach unserem besten Wissen die erste Arbeit, die einen quantitativen Vergleich zwischen der MPFL-Plastik und der Trochleaplastik zur Behandlung der Patellainstabilität unter Berücksichtigung der Trochleadysplasie erlaubt. Dennoch ist es momentan mit den aktuell verwendeten Daten nicht möglich, eine klare

Evidenz bezüglich der Überlegenheit der Trochleoplastik zur Behandlung der patellaren Instabilität mit höheren Trochleadysplasien herzustellen. Auf der anderen Seite zeigte die Trochleoplastik-Gruppe aber durchaus geringere Raten an postoperativen Re-/Subluxationen, welche auch als relevante Faktoren des operativen Erfolgs angesehen werden können. Es ist daher zu hoffen, dass in Zukunft qualitativ hochwertig vergleichende Studien veröffentlicht werden, die eine adäquate Analyse aller wichtigen Parameter und eine klinische Evidenz zur Behandlung der Patienten mit Patellainstabilität und hohen Trochleadysplasien zulässt.

5 ZUSAMMENFASSUNG

Viele Studien konnten bereits gute Ergebnisse für die MPFL-Rekonstruktion zur Behandlung der patellaren Instabilität erzielen. Höhere Trochleadysplasien stehen allerdings im Verdacht, zu weniger guten Ergebnissen bei der isolierten MPFL-Rekonstruktion zu führen. Die Hypothese der Studie war, dass eine Trochleoplastik sich bei hohen Trochleadysplasien besser zur Behandlung der Patellainstabilität eignen würde. Nach Anwendung der Ein- und Ausschlusskriterien konnten 10 Studien in diese Analyse integriert werden. Als primärer Endpunkt diente der Kujala-Score, als sekundärer Endpunkt die Re- bzw. Subluxationsrate der Patella. Es wurden zwei verschiedene Ansätze bei der Erstellung der „*Random Effects* Meta-Analyse“, die die durchschnittliche Kujala-Score-Erhöhung von prä- zu postoperativ veranschaulicht, durchgeführt. Modell 1 integrierte alle Patienten mit einer Trochleadysplasie Typ B, C und D (nach Dejour) und Modell 2 berücksichtigte nur die Dysplasie Typen B und D (nach Dejour). Es zeigte sich für beide gegenübergestellte Patientenkollektive eine signifikante Erhöhung des Kujala-Scores. Allerdings fiel die Reluxations- bzw. Subluxationsrate in der MPFL-Kohorte mit 7,0% deutlich höher aus als bei den Trochleoplastik-Patienten (2,1%). Die derzeit gängige Annahme, bei hohen Trochleadysplasien eine Trochleoplastik als Indexverfahren anzuwenden und zusätzliche Komorbiditäten durch weitere Verfahren ergänzend zu behandeln, wird in Bezug auf die postoperativen Sub- bzw. Reluxationsraten durch unsere Analyse gestützt. Die momentane Studienlage lässt jedoch keine differenziertere Beurteilung zu, ab welchem Dysplasie-Grad (Typ B, C oder D) die alleinige MPFL-Plastik zu versagen beginnt und die Trochleoplastik notwendig wird. Ebenfalls machen diverse Limitationen sowohl eingeschlossener als auch nicht eingeschlossener Studien eine Vergleichbarkeit zwischen den beiden Verfahren schwer und erfordern in Zukunft weitere qualitativ hochwertige Studien, die im besten Falle beide Maßnahmen direkt miteinander vergleichen.

6 ANHANG

Typ nach Dejour-Klassifikation								
Ersch.-Jahr	Autor	Anzahl K/P	0	A	B	C	D	Ausschlussgrund
2015	McNamara et al.	107/90	0	0	49	3	54	3
2011	Fucentese et al.	44/38	0	9	15	9	11	3
2011	Thaunat et al.	19/17	0	1	7	5	6	1 + 2
2008	Utting et al.	59/54	0	0	0	0	59	3
2006	Donell et al.	17/15	0	0	0	0	17	3
2006	von Knoch et al.	45/38	0	0	45	0	0	2
2005	Schöttle et al.	19/16	0	0	19	0	0	3

Abbildung 15: Ausgeschlossene Studien der Trochleoplastik-Kohorte. K/P: Knie / Patienten; 1: Kujala-Score nur für das Gesamtpatienten-kollektiv angegeben (Fehlender Trochleadysplasie-Bezug); 2: Präoperativer Kujala-Score fehlt; 3: Keine Standardabweichung angegeben und nicht ermittelbar

Typ nach Dejour-Klassifikation								
Ersch.-Jahr	Autor	Anzahl K/P	0	A	B	C	D	Ausschlussgrund
2014	Becher et al.	30/30	X/30	X/30	X/30	X/30	0	2
2014	Berard et al.	59/55	3	14	22	13	3	2
2014	Csintalan et al.	56/49	X/56	X/56	X/56	0	0	2
2014	Enderlein et al.	240/224	0	70	98	53	19	1
2014	Hopper et al.	72/68	0	X/54	X/54	X/7	X/7	2
2013	Hinterwimmer et al.	19/19	N/A	N/A	N/A	0	0	2
2012	Nelitz et al.	21/21	0	1	10	4	6	1 + 2
2007	Thaunat et al.	23/20	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	2
2006	Steiner et al.	41/34	5	X/36	X/36	X/36	0	1
2005	Schöttle et al.	15	12	X/3	X/3	X/3	X/3	1 + 3

Abbildung 16: Ausgeschlossene Studien der MPFL-Kohorte. K/P: Knie / Patienten; 1: Kujala-Score nur für das Gesamtpatientenkollektiv angegeben (Fehlender Trochleadysplasie-Bezug); 2: Präoperativer Kujala-Score fehlt; 3: Keine Standardabweichung angegeben und nicht ermittelbar

7 LITERATURVERZEICHNIS

Aglietti P, Insall JN, Cerulli G (1983): Patellar pain and incongruence. I: Measurements of incongruence. *Clin Orthop Relat Res* 176, 217–224

Albee FH (1915): The bone graft wedge: Its use in the treatment of relapsing, acquired, and congenital dislocation of the hip. *NY Med J* 52, 433-435

Andrish J (2008): The management of recurrent patellar dislocation. *Orthop Clin North Am* 39, 313-327

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

Atkin DM, Fithian DC, Marangi KS, Stone ML, Dobson BE, Mendelsohn C (2000): Characteristics of patients with primary acute lateral patellar dislocation and their recovery within the first 6 months of injury. *Am J Sports Med* 28, 472–479

Balcarek P, Oberthür S, Hopfensitz S, Frosch S, Walde TA, Wachowski MM, Schüttrumpf JP, Stürmer KM (2014): Which patellae are likely to redislocate? *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 22, 2308–2314

Banke IJ, Kohn LM, Meidinger G, Otto A, Hensler D, Beitzel K, Imhoff AB, Schöttle PB (2014): Combined trochleoplasty and MPFL reconstruction for treatment of chronic patellofemoral instability: a prospective minimum 2-year follow-up study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 22, 2591–2598

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

Beasley LS, Vidal AF (2004): Traumatic patellar dislocation in children and adolescents: treatment update and literature review. *Curr Opin Pediatr* 16, 29–36

Berard J-B, Magnussen RA, Bonjean G, Ozcan S, Lustig S, Neyret P, Servien E (2014): Femoral Tunnel Enlargement After Medial Patellofemoral Ligament Reconstruction: Prevalence, Risk Factors, and Clinical Effect. *Am J Sports Med* 42, 297–301

- Bereiter H, Gautier E (1994): Die Trochleoplastik als chirurgische Therapie der rezidivierenden Patellaluxation bei Trochleadysplasie des Femurs. *Arthroskopie* 7, 281–286
- Bicos J, Fulkerson JP, Amis A (2007): Current concepts review: the medial patellofemoral ligament. *Am J Sports Med* 35, 484–492
- Bitar AC, Demange MK, D'Elia CO, Camanho GL (2012): Traumatic patellar dislocation: non-operative treatment compared with MPFL reconstruction using patellar tendon. *Am J Sports Med* 40, 114–122
- Blønd L, Haugegaard M (2014): Combined arthroscopic deepening trochleoplasty and reconstruction of the medial patellofemoral ligament for patients with recurrent patella dislocation and trochlear dysplasia. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 22, 2484–2490
- Burks RT, Luker MG (1997): Medial Patellofemoral Ligament Reconstruction. *Tech Orthop* 12, 185–191
- Burks RT, Desio SM, Bachus KN, Tyson L, Springer K (1998): Biomechanical evaluation of lateral patellar dislocations. *Am J Knee Surg* 11, 24–31
- Camathias C, Studer K, Kiapour A, Rutz E, Vavken P (2016): Trochleoplasty as a Solitary Treatment for Recurrent Patellar Dislocation Results in Good Clinical Outcome in Adolescents. *Am J Sports Med* 44, 2855–2863
- Cash JD, Hughston JC (1988): Treatment of acute patellar dislocation. *Am J Sports Med* 16, 244–249
- Cochrane Collaboration: Cochrane-Glossar | Das Deutsche Cochrane Zentrum. <http://www.cochrane.de/cochrane-glossar#s>, abgerufen am: 22.09.2014
- Cofield RH, Bryan RS (1977): Acute dislocation of the patella: results of conservative treatment. *J Trauma* 17, 526–531
- Csintalan RP, Latt LD, Fornalski S, Raiszadeh K, Inacio MC, Fithian DC (2014): Medial patellofemoral ligament (MPFL) reconstruction for the treatment of patellofemoral instability. *J Knee Surg* 27, 139–146
- Davis DK, Fithian DC (2002): Techniques of medial retinacular repair and reconstruction. *Clin Orthop Relat Res* (402), 38–52

- Dejour D, Le Coultre B (2007): Osteotomies in patello-femoral instabilities. *Sports Med Arthrosc* 15, 39–46
- Dejour D, Saggin P (2010): The sulcus deepening trochleoplasty-the Lyon's procedure. *Int Orthop* 34, 311–316
- Dejour H, Walch G, Neyret P, Adeleine P (1990): La dysplasie de la trochlée fémorale. *Rev Chir Orthop* 76, 45–54
- 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
- Desio SM, Burks RT, Bachus KN (1998): Soft tissue restraints to lateral patellar translation in the human knee. *Am J Sports Med* 26, 59–65
- Dejour D, Byn P, Ntagiopoulos PG (2013): The Lyon's sulcus-deepening trochleoplasty in previous unsuccessful patellofemoral surgery. *Int Orthop* 37, 433–439
- Dickschas J, Harrer J, Pfefferkorn R, Strecker W (2012): Operative treatment of patellofemoral maltracking with torsional osteotomy. *Arch Orthop Trauma Surg* 132, 289–298
- Donell ST, Joseph G, Hing CB, Marshall TJ (2006): Modified Dejour trochleoplasty for severe dysplasia: operative technique and early clinical results. *Knee* 13, 266–273
- Drexler M, Dwyer T, Dolkart O, Goldstein Y, Steinberg EL, Chakraverty R, Cameron JC (2014): Tibial rotational osteotomy and distal tuberosity transfer for patella subluxation secondary to excessive external tibial torsion: surgical technique and clinical outcome. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 22, 2682–2689
- Drez D, Edwards TB, Williams CS (2001): Results of medial patellofemoral ligament reconstruction in the treatment of patellar dislocation. *Arthroscopy* 17, 298–306
- Ellera Gomes J L (1992): Medial patellofemoral ligament reconstruction for recurrent dislocation of the patella: a preliminary report. *Arthroscopy* 8, 335–340
- Enderlein D, Nielsen T, Christiansen SE, Fauno P, Lind M (2014): Clinical outcome after reconstruction of the medial patellofemoral ligament in patients with recurrent patella instability. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 22, 2458–2464
- Fithian DC, Paxton EW, Cohen AB (2004): Indications in the treatment of patellar instability. *J Knee Surg* 17, 47–56

- Fitzpatrick CK, Steensen RN, Tumuluri A, Trinh T, Bentley J, Rullkoetter PJ (2016): Computational analysis of factors contributing to patellar dislocation. *J Orthop Res* 34, 444–453
- Frosch KH, Akoto R, Schmeling A (2014): Patellaluxation bei Sportlern. *Chirurg* 85, 879–887
- Fucentese SF, Zingg PO, Schmitt J, Pfirrmann, Christian W. A., Meyer DC, Koch PP (2011): Classification of trochlear dysplasia as predictor of clinical outcome after trochleoplasty. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 19, 1655–1661
- Hawkins RJ, Bell RH, Anisette G (1986): Acute patellar dislocations. The natural history. *Am J Sports Med* 14, 117–120
- Henry JH, Crosland JW (1979): Conservative treatment of patellofemoral subluxation. *Am J Sports Med* 7, 12–14
- Hiemstra LA, Kerslake S, Lafave MR, Heard SM, Buchko GML, Mohtadi NGH (2013): Initial validity and reliability of the Banff Patella Instability Instrument. *Am J Sports Med* 41, 1629–1635
- Hiemstra LA, Kerslake S, Lafave M, Mohtadi NG (2016): Concurrent Validation of the Banff Patella Instability Instrument to the Norwich Patellar Instability Score and the Kujala Score in Patients With Patellofemoral Instability. *Orthop J Sports Med* 4, 2325967116646085
- Hinterwimmer S, Imhoff AB, Minzlaff P, Saier T, Rosenstiel N, Hawe W, Feucht MJ (2013): Anatomical two-bundle medial patellofemoral ligament reconstruction with hardware-free patellar graft fixation: technical note and preliminary results. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 21, 2147–2154
- Hinton RY, Sharma KM (2003): Acute and recurrent patellar instability in the young athlete. *Orthop Clin North Am* 34, 385–396
- Hopper GP, Leach WJ, Rooney BP, Walker CR, Blyth MJ (2014): Does Degree of Trochlear Dysplasia and Position of Femoral Tunnel Influence Outcome After Medial Patellofemoral Ligament Reconstruction? *Am J Sports Med* 42, 716–722
- Howells NR, Barnett AJ, Ahearn N, Ansari A, Eldridge JD (2012): Medial patellofemoral ligament reconstruction: a prospective outcome assessment of a large single centre series. *J Bone Joint Surg Br* 94, 1202–1208

Jaquith BP, Parikh SN (2015): Predictors of Recurrent Patellar Instability in Children and Adolescents After First-time Dislocation. *J Pediatr Orthop*, Post Author Corrections Oct 21

Jungmann PM, Tham S-C, Liebl H, Nevitt MC, McCulloch CE, Lynch J, Link TM (2013): Association of trochlear dysplasia with degenerative abnormalities in the knee: data from the Osteoarthritis Initiative. *Skeletal Radiol* 42, 1383–1392

Kita K, Tanaka Y, Toritsuka Y, Amano H, Uchida R, Takao R, Horibe S (2015): Factors Affecting the Outcomes of Double-Bundle Medial Patellofemoral Ligament Reconstruction for Recurrent Patellar Dislocations Evaluated by Multivariate Analysis. *Am J Sports Med* 43, 2988–2996

Knoch F von, Böhm T, Bürgi ML, Knoch M von, Bereiter H (2006): Trochleoplasty for recurrent patellar dislocation in association with trochlear dysplasia. A 4- to 14-year follow-up study. *J Bone Joint Surg Br* 88, 1331–1335

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* (171), 131–136

Mackay ND, Smith NA, Parsons N, Spalding T, Thompson P, Sprowson AP (2014): Medial Patellofemoral Ligament Reconstruction for Patellar Dislocation: A Systematic Review. *Orthop J Sports Med* 2, 2325967114544021

Macnab I (1952): Recurrent dislocation of the patella. *J Bone Joint Surg Am* 34, 957-967

Mäenpää H, Lehto MU (1996): Patellar dislocation has predisposing factors. A roentgenographic study on lateral and tangential views in patients and healthy controls. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 4, 212–216

Mäenpää H, Huhtala H, Lehto MU (1997): Recurrence after patellar dislocation. Redislocation in 37/75 patients followed for 6-24 years. *Acta Orthop Scand* 68, 424–426

Masse Y (1978): "La trochléoplastie." Restauration de la grottière trochléenne dans les subluxations et luxations de la rotule. *Rev Chir Orthop* 64, 3–17

McNamara I, Bua N, Smith TO, Ali K, Donell ST (2015): Deepening Trochleoplasty With a Thick Osteochondral Flap for Patellar Instability: Clinical and Functional Outcomes at a Mean 6-Year Follow-up. *Am J Sports Med* 43, 2706–2713

Mulliez A, Lambrecht D, Verbruggen D, van der Straeten C, Verdonk P, Victor J (2015): Clinical outcome in MPFL reconstruction with and without tuberositas transposition. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* doi: 10.1007/s00167-015-3654-0

Muneta T, Sekiya I, Tsuchiya M, Shinomiya K (1999): A technique for reconstruction of the medial patellofemoral ligament. *Clin Orthop Relat Res* (359), 151–155

Nelitz M, Dreyhaupt J, Lippacher S (2013): Combined Trochleoplasty and Medial Patellofemoral Ligament Reconstruction for Recurrent Patellar Dislocations in Severe Trochlear Dysplasia: A Minimum 2-Year Follow-up Study. *Am J Sports Med* 41, 1005–1012

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

Nomura E, Inoue M (2006): Hybrid medial patellofemoral ligament reconstruction using the semitendinous tendon for recurrent patellar dislocation: minimum 3 years' follow-up. *Arthroscopy* 22, 787–793

Nomura E, Horiuchi Y, Kihara M (2000): A mid-term follow-up of medial patellofemoral ligament reconstruction using an artificial ligament for recurrent patellar dislocation. *Knee* 7, 211–215

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

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

Oestern S, Varoga D, Lippross S, Kaschwich M, Finn J, Buddrus B, Seekamp A (2011): Patellar luxation. *Unfallchirurg* 114, 345

Philippot R, Chouteau J, Wegrzyn J, Testa R, Fessy MH, Moyen B (2009): Medial patellofemoral ligament anatomy: implications for its surgical reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 17, 475–479

Reynaud P, Dejour D (1998): Incarcération patellaire par impaction dans une fracture enfoncement du condyle latéral. A propos d'un cas. *Rev Chir Orthop* 84, 752–755

- Ryzek D-F, Schottle P (2015): Patellofemoral Dysfunction in Sports Trochleoplasty: Indications and Techniques. *J Knee Surg* 28, 297–302
- Sallay PI, Poggi J, Speer KP, Garrett WE (1996): Acute dislocation of the patella. A correlative pathoanatomic study. *Am J Sports Med* 24, 52–60
- Sambandam SN, Gul A, Priyanka P (2006): Analysis of methodological deficiencies of studies reporting surgical outcome following cemented total-joint arthroplasty of trapezio-metacarpal joint of the thumb. *Int Orthop* 31, 639–645
- Schaller C, Kusche H, Gutsfeld P, Bühren V (2015): Differenzierte Behandlung der Patellaluxation im Adoleszentenalter. *Trauma Berufskrankh* 17, 192–200
- Schmeling A: Aktuelle Aspekte der patellofemorale Instabilität. *Arthroskopie aktuell*, Ausgabe 23. Stiftung zur Förderung der Arthroskopie, Tübingen 2010
- Schöttle PB, Fucentese SF, Pfirrmann C, Bereiter H, Romero J (2005a): Trochleaplasty for patellar instability due to trochlear dysplasia: A minimum 2-year clinical and radiological follow-up of 19 knees. *Acta Orthop* 76, 693–698
- Schöttle PB, Fucentese SF, Romero J (2005b): Clinical and radiological outcome of medial patellofemoral ligament reconstruction with a semitendinosus autograft for patella instability. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 13, 516–521
- Schottle PB, Romero J, Schmeling A, Weiler A (2008): Technical note: anatomical reconstruction of the medial patellofemoral ligament using a free gracilis autograft. *Arch Orthop Trauma Surg* 128, 479–484
- 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
- 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
- Smirk C, Morris H (2003): The anatomy and reconstruction of the medial patellofemoral ligament. *Knee* 10, 221–227

- Smith TO, Song F, Donell ST, Hing CB (2011): Operative versus non-operative management of patellar dislocation. A meta-analysis. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 19, 988–998
- Smith TO, Donell ST, Clark A, Chester R, Cross J, Kader DF, Arendt EA (2014): The development, validation and internal consistency of the Norwich Patellar Instability (NPI) Score. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 22, 324–335
- Song G-Y, Hong L, Zhang H, Zhang J, Li X, Li Y, Feng H (2014): Trochleoplasty versus nontrochleoplasty procedures in treating patellar instability caused by severe trochlear dysplasia. *Arthroscopy* 30, 523–532
- Steensen RN, Dopirak RM, Maurus PB (2005): A simple technique for reconstruction of the medial patellofemoral ligament using a quadriceps tendon graft. *Arthroscopy* 21, 365–370
- Steensen RN, Bentley JC, Trinh TQ, Backes JR, Wiltfong RE (2015): The Prevalence and Combined Prevalences of Anatomic Factors Associated With Recurrent Patellar Dislocation: A Magnetic Resonance Imaging Study. *Am J Sports Med* 43, 921-927
- Stefancin JJ, Parker RD (2007): First-time traumatic patellar dislocation: a systematic review. *Clin Orthop Relat Res* 455, 93–101
- Steiner TM, Torga-Spak R, Teitge RA (2006): Medial patellofemoral ligament reconstruction in patients with lateral patellar instability and trochlear dysplasia. *Am J Sports Med* 34, 1254–1261
- Strecker W, Keppler P, Gebhard F, Kinzl L (1997): Length and torsion of the lower limb. *J Bone Joint Surg Br* 79, 1019–1023
- Stupay KL, Swart E, Shubin Stein, Beth E (2015): 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* 31, 1372-1380
- Teitge RA, Torga-Spak R (2004): Medial patellofemoral ligament reconstruction. *Orthopedics* 27, 1037–1040
- Testa EA, Camathias C, Amsler F, Henle P, Friederich NF, Hirschmann MT (2015): Surgical treatment of patellofemoral instability using trochleoplasty or MPFL reconstruction: a systematic review. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. doi:10.1007/s00167-015-3698-1

Thaunat M, Bessiere C, Pujol N, Boisrenoult P, Beaufils P (2011): Recession wedge trochleoplasty as an additional procedure in the surgical treatment of patellar instability with major trochlear dysplasia: Early results. *Orthop Traumatol Surg Res* 97, 833–845

Thaunat M, Erasmus PJ (2007): The favourable anisometry: an original concept for medial patellofemoral ligament reconstruction. *Knee* 14, 424–428

Tompkins MA, Arendt EA (2015): Patellar Instability Factors in Isolated Medial Patellofemoral Ligament Reconstructions--What Does the Literature Tell Us?: A Systematic Review. *Am J Sports Med* 43, 2318–2327

Utting MR, Mulford JS, Eldridge, J D J (2008): A prospective evaluation of trochleoplasty for the treatment of patellofemoral dislocation and instability. *J Bone Joint Surg Br* 90, 180-185

van Haver A, Roo K de, Beule M de, Labey L, Baets P de, Dejour D, Claessens T, Verdonk P (2015): The effect of trochlear dysplasia on patellofemoral biomechanics: a cadaveric study with simulated trochlear deformities. *Am J Sports Med* 43, 1354–1361

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 Arthrosc* 21, 318–324

Danksagung

Mein allergrößter Dank richtet sich an meinen Doktorvater und gleichzeitigen Betreuer Herrn PD Dr. med. Balcarek. Zu jeder Zeit hatte ich das Gefühl, jemanden an der Seite zu haben, der mich tatkräftig bei der Umsetzung dieser Dissertationsschrift unterstützt. Auch die vielen Stunden an Arbeit, die diese tolle Unterstützung von ihm gefordert haben, führten nie zu Ungeduld oder gestresstem Verhalten. Dafür möchte ich mich sehr herzlich bedanken.

Weiterer Dank gilt dem Team der Medizinischen Statistik und hier vor allem Herrn Markus Harden. Zu jeder Zeit konnte ich bei statistischen Fragen auf seine Hilfe zählen. Ohne diese wäre eine korrekte Anwendung der statistischen Methoden nur schwer vorstellbar gewesen.

Zu guter Letzt danke ich auch Frau Jana Heidemann, die mir in den letzten Zügen meiner Dissertation noch konstruktive Kritik über Form und Layout meiner Arbeit gegeben hat.

Lebenslauf

Mein Name ist Stephan Rehn und ich lebe derzeit in der Gasselstiege 27 in 48159 Münster. Am 28. April 1989 wurde ich in Essen im Philippusstift geboren und verbrachte meine Kindheit und Jugendzeit bei meinen Eltern Michaela Finger und Dr. med. Lothar Rehn. Zwischen 1995 und 1999 besuchte ich die Grundschule „Rote Schule“ in Essen und dann von 1999 bis 2008 das Don-Bosco-Gymnasium in Essen. Nach meinem Abitur begann ich zunächst mit einer Ausbildung zum medizinisch technischen Assistenten im Bereich Labor im HELIOS Klinikum in Krefeld und unterbrach diese aufgrund einer Studienplatzzusage für Medizin Anfang 2010. Die Vorklinik endete im Wintersemester 2011/2012 mit dem bestandenen Physikum, woraufhin ich zum ersten klinischen Semester das Studium an der Universität in Essen weiterführte. Zum zweiten klinischen Semester gelang mir ein Studienplatztausch zurück nach Göttingen. Kurze Zeit danach verfestigte sich der Wunsch, mit der Promotion anzufangen und so kam es, dass ich bei Herrn PD Dr. med. Balcarek meine Doktorarbeit beginnen durfte. Meine Famulaturen leistete ich in der Anästhesie im Elisabeth-Krankenhaus in Essen, in der Inneren Medizin/Chirurgie im Krankenhaus Neu-Mariahilf in Göttingen, in der Radiologie im Universitätsklinikum Göttingen und zuletzt in einer Hausarztpraxis in Kassel für jeweils 4 Wochen ab. Nach dem bestandenen schriftlichen Examen im Oktober 2015 durchlief ich mein gesamtes Praktisches Jahr in Göttingen. Das erste Tertial war in der Inneren Medizin im Evangelischen Krankenhaus in Göttingen-Weende. Das zweite (Radiologie) und dritte Tertial (Unfallchirurgie) leistete ich dann wieder am Universitätsklinikum in Göttingen ab. Während des Praktischen Jahres entstand auch das zugehörige Paper zu meiner Doktorarbeit mit dem Titel “Results of medial patellofemoral ligament reconstruction compared with trochleoplasty plus individual extensor apparatus balancing in patellar instability caused by severe trochlear dysplasia: a systematic review and meta-analysis” im Journal *European Society of Sports Traumatology, Knee Surgery, Arthroscopy (ESSKA)*. Am 08. November 2016 endete mein Studium mit dem bestandenen Staatsexamen mit der Gesamtnote gut, woraufhin am 18. November 2016 die Approbation folgte. Seit dem zweiten Januar 2017 arbeite ich als Assistenzarzt für Radioonkologie am Universitätsklinikum in Münster.