

Medizinische Fakultät der Technischen Universität München

# Einfluss der Versorgungsmodalität auf das funktionelle Outcome und die posttraumatische Patellahöhe nach Patellafraktur

Sebastian Franz Pesch

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

Vorsitzender: Prof. Dr. Jürgen Schlegel

Prüfer der Dissertation:

1. apl. Prof. Dr. Chlodwig Kirchhoff
2. Prof. Dr. Sebastian Siebenlist

Die Dissertation wurde am 06.07.2020 bei der Technischen Universität München eingereicht und durch die Fakultät für Medizin am 01.12.2020 angenommen.

# Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	6
1.1 Anatomische und biomechanische Grundlagen	6
1.1.1 Knöcherne Strukturen des Kniegelenkes	6
1.1.2 Bandapparat des Kniegelenkes	8
1.1.3 Gefäßversorgung des Kniegelenks	8
1.1.4 Muskulatur des Kniegelenks	9
1.1.5 Anatomie des patellofemoralen Gelenkes	9
1.1.6 Biomechanik der patellofemoralen Kinematik	10
1.1.7 Patellahöhe	12
1.1.8 Patellofemorale Instabilität und Patella-Maltracking	13
1.2 Patellafraktur	14
1.2.1 Epidemiologie	14
1.2.2 Klassifikation	15
1.2.3 Begleitverletzungen der Patellafraktur	17
1.2.5 Therapeutische Versorgungsmöglichkeiten	18
1.2.6 Therapiemodalitäten	18
1.2.7 Nachbehandlung und funktionelles Outcome	29
1.3 Fragestellung - Zielsetzung	30
2. Material und Methoden	32
2.1 Patienten	32
2.2 Munich Knee Questionnaire (MKQ)	32
2.3 Fragebogen zur sportlichen Aktivität	35
2.4 Evaluation der Patellahöhe	36
2.5 Auswertung und Beurteilung der Daten	38
3. Ergebnisse	39
3.1 Patientenkollektiv	39
3.1.1 Patientendaten	39
3.1.2 Frakturverteilung	39
3.1.3 Allgemeine Ergebnisse des MKQ	42
3.1.4 Allgemeine Ergebnisse des Sportfragebogens	43
3.1.5 Allgemeine Ergebnisse der Patellahöhe	47
3.2 Subgruppenanalyse der Frakturmorphologie	48
3.2.1 Munich Knee Questionnaire - Ergebnisse	48
3.2.2 Sportfragebogen - Ergebnisse	50
3.2.3 Patellahöhe - Ergebnisse	51
3.3 Subgruppenanalyse der Versorgungsmodalität	52

3.3.1 MKQ - Ergebnisse	52
3.3.2 Sportfragebogen - Ergebnisse	53
3.3.3 Patellahöhe - Ergebnisse	54
4. Diskussion	56
4.1 Patientenkollektiv	57
4.1.1 Nachuntersuchung mit Self – Assessment – Test (MKQ)	58
4.2 MKQ - funktionelles Outcome	59
4.2.1 Einfluss der Frakturmorphologie - Subgruppenanalyse	60
4.2.2 Einfluss der Versorgungsmodalität auf das funktionelle Outcome	60
4.3 Wiederaufnahme Sport	63
4.4 Einfluss der Patellahöhe auf das funktionelle Outcome	64
4.5 Einschränkungen der Studie	67
5. Zusammenfassung	68
6. Anhang	70
6.1. „Munich Knee Questionnaire“	70
6.2. "Sport nach Versorgung einer Kniescheibenfraktur"	77
7. Literaturverzeichnis	80
8. Abbildungsverzeichnis	89
9. Diagrammverzeichnis	91
10. Tabellenverzeichnis	92
12. Danksagung	93

## Abkürzungsverzeichnis

Lig. :	Ligamentum
Mm.:	Musculi
V.:	Vene
A.:	Arterie
VLL:	Vastus lateralis longus
VLO:	Vastus lateralis obliquus
VML:	Vastus medialis longus
VMO:	Vastus medialis obliquus
MPFL:	medial patella-femorales Ligament
VKB/ BTB:	vorderes Kreuzband, „bone-to-bone“
PFI:	Patellofemorale Instabilität
AO:	Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthese
u.U.:	unter Umständen
2E:	2 Ebenen
HCS:	Headless Compression Screw
DGOU:	Deutsche Gesellschaft für Orthopädie und Unfallchirurgie
PRO:	Patient Reported Outcome
KOOS:	Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score
IKDC:	International Knee Documentation Score
ICD:	Internationale statistische Klassifikation
WOMAC:	Western Ontario and McMaster Osteoarthritis Index
MKQ:	Munich Knee Questionnaire
PFSS:	Patellofemorales Schmerzsyndrom
BMI:	Body Mass Index
ICD:	International Classification of Diseases
PROM:	Patient Reported Outcome Measurement
PACS:	Picture Archiving Communication System
TL:	Tibia Tendon Length
PL:	Patella Tendon Length
MW:	Mittelwert
(Z):	K – Draht Osteosynthese/ Zuggurtung
(P):	Plattenosteosynthese
VAS:	Visuelle Analogskala
MRT:	Magnetresonanztomographie

OP: Operation  
HRQOL: Health-related quality of life  
EQ - 5D: European Quality of Life – 5 Dimensions

# 1. Einleitung

## 1.1 Anatomische und biomechanische Grundlagen

### 1.1.1 Knöchernen Strukturen des Kniegelenkes

Das Kniegelenk setzt sich aus einem femorotibialen und femoropatellaren Gelenkanteil zusammen. Der zentrale Anteil wird als ein „bikondyläres“ Gelenk betrachtet, hierbei bildet die laterale und mediale Kondyle des Femurs den konvexen Gegenspieler zu den konkaven Kondylen der Tibia (siehe Abbildung 1). Das patellofemorale Gelenk besteht aus der „Facies articularis patellae“ und der „Facies patellaris femoris“, dieses bewirkt als ein „Scharniergelenk“ Beugung und Streckung des Kniegelenkes. Die Patella selbst ist ein sogenanntes „Sesambein“ und besteht aus einer Basis und einer Spitze mit einer hinteren Gelenkfläche, die als Gelenkpartner (Facies articularis patellae) fungiert. Die dorsale Gelenkfläche besteht aus einem medialen und einem lateralen Anteil und bildet mit dem vertikalen First der retropatellaren Gelenkfläche den Patella - Öffnungswinkel (normal: ca.  $130^{\circ} \pm 10^{\circ}$ ). Dieser Öffnungswinkel bestimmt je nach Proportion der medialen und lateralen Facette die Patellaform. Eine Unterteilung wird vor allem durch die Ausprägung der medialen Facette vorgenommen, je nach Grad der „medialen Hypoplasie“ bis hin zur sogenannten „Jägerhut-Patella“ mit besonders steil verlaufender medialer Facette (Lippert and Paar 1987). Auch an der Trochlea femoris sind verschiedene Dysplasien des femoralen Gleitlager beschrieben (Dejour, Walch et al. 1990). Die sich hieraus ergebenden Pathologien werden im Folgenden erläutert (z.B.: Patellainstabilität mit erhöhter Luxationstendenz).

Epidemiologisch entsteht die Patella aus der Verschmelzung mehrerer Knochenkerne und kann somit bei ausbleibender Verschmelzung der Knochenkerne geteilt, als sogenannte Patella bipartita, vorliegen. Hierbei zeigt sich besonders häufig die laterale Form der Patella bipartita (McMahon, LeRoux et al. 2016).

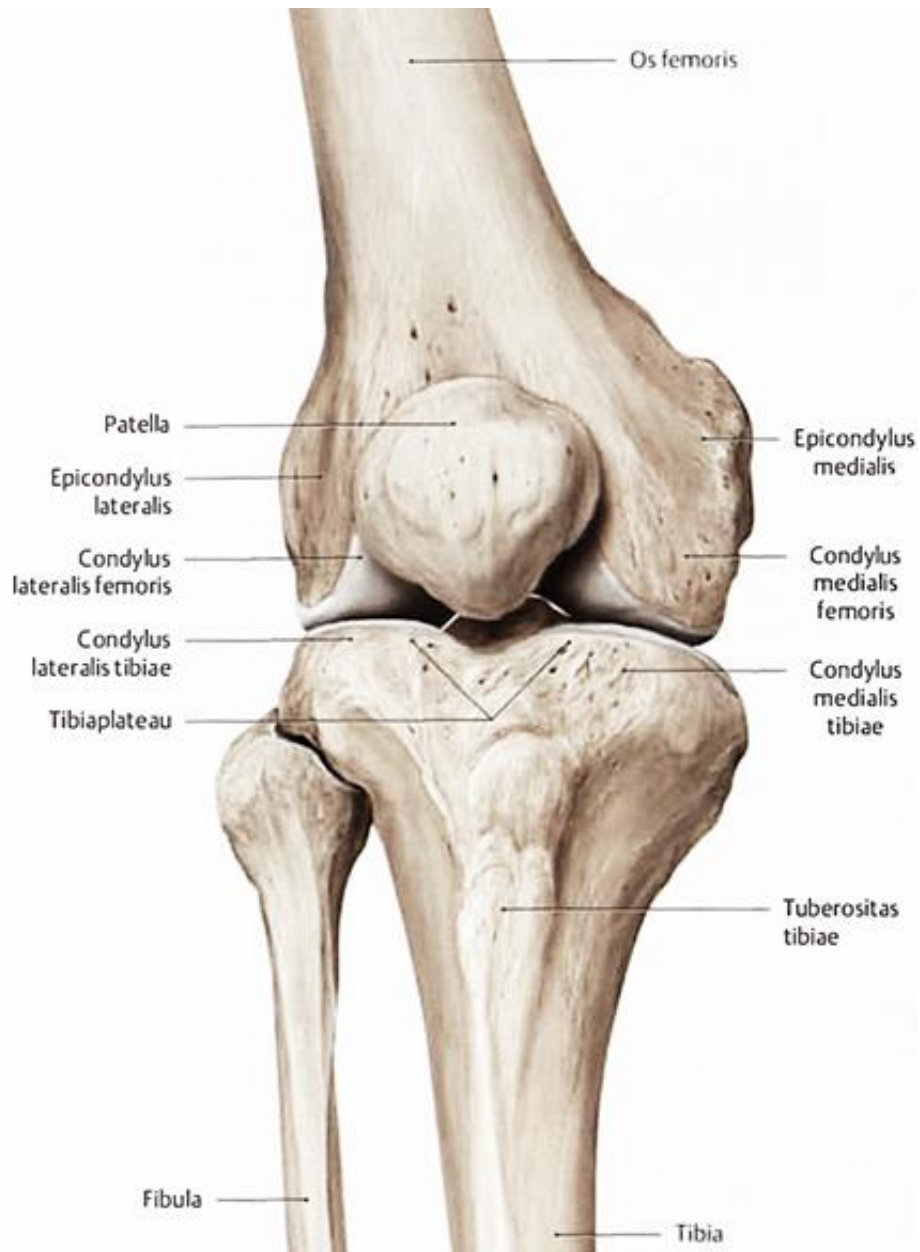


Abbildung 1: Anatomische Abbildung der knöchernen Strukturen des Kniegelenkes (Schünke et al., 2009).

## 1.1.2 Bandapparat des Kniegelenkes

Aufgrund der geringen knöchernen Führung des Kniegelenkes erfolgt die funktionelle Stabilisierung überwiegend durch Bandstrukturen, Muskulatur und Gelenkkapsel. So lässt sich allgemein der Kapsel - Band - Apparat in Seiten- und Binnenbänder einteilen. Zu den Seitenbändern zählen unter anderem medial das „Lig. collaterale tibiale“ und lateral das „Lig. collaterale fibulare“. An der Vorderseite bildet das „Lig. patellae“ mit seinen longitudinalen und transversalen Retinacula eine optimale Verspannung und Fixierung der Patella. Des Weiteren unterstützen auch die Ansatzsehnen des Musculus rectus femoris, Mm. vastus medialis/ lateralis und distal das Lig. patellae, sowie meniskopatellare Bänder eine anatomische Positionierung der Patella.

Die dorsalen Aspekte des Kniegelenkes werden unter anderem durch das „Lig. popliteum obliquum und arcuatum“ und zusätzlich durch die muskulär - kapsulären Verstreungen der ischiocruralen Muskulatur und des Musculus biceps femoris gebildet.

Zu den Binnenbändern gehören das „Lig. cruciatum anterior und posterior“, sowie das „Lig. transversum genus“ und die meniskofemorale Bänder.

## 1.1.3 Gefäßversorgung des Kniegelenkes

Die Gefäßversorgung des Kniegelenkes erfolgt aus Abzweigungen der Glutealregion, die an der Rückseite des Oberschenkels nach distal verlaufen. Zur arteriellen Versorgung zählt vor allem die „A. femoralis“, die aus der „A. iliaca externa“ abzweigt. Distal der Adduktorenloge ändert sich die Nomenklatur und die „A. femoralis“ wird „A. poplitea“ genannt. Diese verläuft streng dorsal in Bereich der Kniekehle und gibt diverse paarige Äste u.a. die „Aa. superior lateralis/medialis genus“, „Aa. inferior lateralis/ medialis genus“ zur Versorgung des Kniegelenkes nach anterior ab. Dort bilden sie ein wabenartiges arterielles Gefäßsystem („Rete genus articulare“), das unter anderem zusätzlich von den „Aa. recurrens tibialis anterior und posterior“ mitversorgt wird.

Dazwischen gibt es dorsal weitere Abgänge der „A. poplitea“, die vor allem als „Aa. surales“ die Kniekehle und insbesondere den proximalen M. gastrocnemius versorgen. Die „A. media genus“ versorgt als Perforator der Kniegelenkkapsel vor allem die Kreuzbänder. Die Blutversorgung der Patella erfolgt vermehrt aus den medialen Anteilen des peripatellaren Anastomosenkreises (Lazaro, Cross et al. 2014).

Das venöse Gefäßsystem verläuft paarig parallel zu den größeren arteriellen Gefäßen und drainiert das Blut zusätzlich über die epifaszialen Venen („V. saphena magna und parva“).



### 1.1.4 Muskulatur des Kniegelenks

Die Patella bewirkt als größtes Hypomochlion („Sesambein“) des menschlichen Körpers eine Kraftüberleitung und Verstärkung (bis > 30 %) der Kniegelenksstrecker (Kauer 1971), die sich aus dem vierköpfigen M. quadrizeps zusammensetzen. Dieser inseriert als Patellasehne distal der Patella im Bereich der Tuberositas tibiae. Der zentrale Hauptanteil, der die Patella überspannt, besteht überwiegend aus Fasern des M. rectus femoris. Der M. vastus lateralis des M. Quadrizeps besteht laut aktuellem Forschungsstand aus einem Vastus lateralis longus (VLL)- und distal aus einem Vastus lateralis obliquus (VLO) - Anteil, die über zwei separate Sehnenanteile verfügen und sich superolateral der Patella vereinigen. Es wird in der Literatur beschrieben, dass der VLO-Anteil bei Dysfunktion speziell durch seine stabilisierende Kraftausübung auf das laterale Retinakulum, sowie auf das iliotibiale Band, einen Beitrag zum patellofemoralem Schmerzsyndrom leisten könnte (Hallisey, Doherty et al. 1987, Fulkerson 2002, Bevilaqua-Grossi, Monteiro-Pedro et al. 2004). Der Vastus medialis – Anteil des M. Quadrizeps besteht ebenfalls aus zwei Anteilen, dem Vastus medialis longus (VML) und dem Vastus medialis obliquus (VMO). Funktionell übernimmt der gesamte mediale Anteil auch Zugkräfte an der Patella bei Belastung und sorgt somit unter anderem für eine stabilisierende medio - laterale Translation (LIEB and Perry 1971).

Entsprechend des Faserverlaufs nehmen sowohl der VLO und der VMO anatomisch und funktionell eine um mindestens 20° nähere Zugrichtung perpendicular zu einer gedachten Linie durch die Femurkondylen ein. Diese spielen eine wichtige Rolle in der muskulo - ligamentären Interaktion zur stabilisierenden Führung der Patella bei mechanischer Belastung und Bewegung (Weinstabl, Scharf et al. 1989).

Der M. Sartorius setzt ebenfalls mediallyseitig der tibialen Tuberositas an, bewirkt aber funktionell eine Beugung und Innenrotation im Kniegelenk.

### 1.1.5 Anatomie des patellofemoralem Gelenkes

Das patellofemorale Gelenk wird statisch und dynamisch stabilisiert. Zu den statisch anatomischen Stabilisatoren zählen vor allem die Trochlea femoris und insbesondere der Sulcus trochleae (siehe Abbildung 2), die vor allem bei einer Kniebeugung von 30° - 100° eine zentrale Rolle einnehmen (Heegaard, Leyvraz et al. 1995). Als dynamische Stabilisatoren werden vor allem die Kapsel - Band - Strukturen als passive und die Kniestrecker-muskulatur (insbesondere der M. quadrizeps) als aktive Strukturen angesehen. Eine biomechanische Studie von Farahmand et al. beschreibt, dass beginnend ab einer Kniegelenksflexion von 60° die aktiven Stabilisatoren einsetzen, wobei der vertikal

stabilisierende Faktor des M. Quadrizeps doch eher eine untergeordnete Rolle dabei einnimmt, da die Patella bei ansteigender Beugung ( $> 60^\circ$ ) in die Notch eintaucht und knöchern geführt wird (Farahmand, Tahmasbi et al. 1998, Amis, Firer et al. 2003). Im Gegensatz dazu, wird das patellofemorale Gelenk in Streckstellung bzw. auch in beginnender Beugung überwiegend von Bandstrukturen passiv gefestigt. Das mediale patello-femorale Band („MPFL“) sichert hierbei primär die Gelenkstabilität gegen die laterale Translation (Sandmeier, Burks et al. 2000, Amis, Firer et al. 2003).

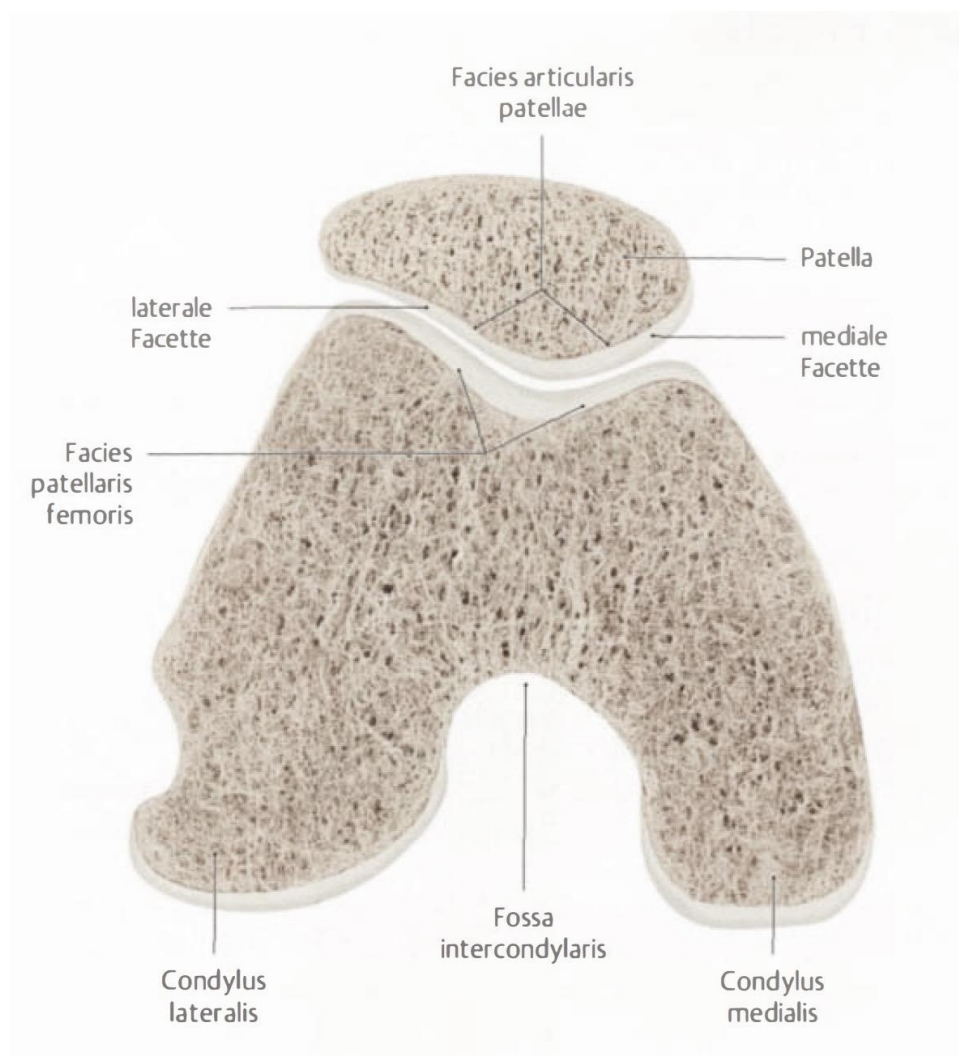


Abbildung 2: Anatomischer Querschnitt des Femoropatellargelenkes, zentral ist die Trochlea Femoris abgebildet (Schünke et al., 2009).

### 1.1.6 Biomechanik der patellofemorale Kinematik

Die Kinematik des patellofemorale Gelenkes beschreibt eine dynamische Änderung der anatomischen Lage der Patella und entsprechend der stabilisierenden Faktoren von der Kniebeugung übergehend in die Kniestreckung. In Abhängigkeit des Knieflexionswinkels wird die Patella ab 30° Flexion überwiegend durch die Trochlea femoris passiv geführt (Waryasz, McDermott et al. 2008), sie wird über aktive Stabilisatoren von lateral nach medial verlagert mit einem zusätzlichen medialen Tilt. Allgemein beschreibt der patellare Tilt die Tangente der lateralen patellaren Inklination als Winkel zur dorsalen Kondylen - Referenz - Linie. Wenn die passive Führung der Trochlea femoris minimal ist, bewirken überwiegend aktive Stabilisatoren die regelrechte Führung der Patella. Hierbei übernimmt der M. Quadrizeps überwiegend eine laterale Verlagerung der Patella. Insgesamt zeigt sich bei einer Kniegelenksbeugung bis 90° eine physiologische Verlagerung der Patella um bis zu 11 mm nach medial (Amis, Oguz et al. 2008). Kommt es zu einer verminderten medialen Translation durch eine Fehlführung der Patella, ist dies unter anderem ursächlich für ein Patellofemorales Schmerzsyndrom (Powers, Ward et al. 2003, Dixit, Difiori et al. 2007, Waryasz, McDermott et al. 2008). Neben aktiven dynamischen Fehlführungen durch Verletzungen oder muskuläre Dysbalance kann eine Trochleadysplasie oder eine Patella alta (d.h. ein Hochstand der Patella zur tibialen Gelenk-Referenz-Linie) zu einem gegensätzlich erhöhten lateralen Tilt führen und somit zu einem erhöhten Risiko einer patellaren Subluxation (Monk, Doll et al. 2011). Durch diese Fehlstellung kommt es zu unphysiologischen Druckbelastungen des patellofemorale Gelenkes bei vermindertem Kontakt der retropatellaren Gelenkfläche mit daraus resultierendem Schmerzsyndrom (Salsich, Brechter et al. 2002).

### 1.1.7 Patellahöhe

Die Evaluation der Patellahöhe lässt sich trotz mehrerer existierender Bewertungsscores und Evidenz noch nicht ideal durchführen. Seit den 30er Jahren des 19. Jahrhunderts wurden bisher mehr als zehn unterschiedliche Bewertungsmethoden publiziert (Insall, Salvati et al. 1971, Bernageau, Goutallier et al. 1976, Blackburne, Peel et al. 1977, Janssen 1978, Caton, Deschamps et al. 1982, Hepp 1984, Egund, Lundin et al. 1988, Grelsamer, Meadows et al. 1992). Diesen Scores gemein ist, dass die Patellahöhe von einem bestimmten anatomischen Referenzpunkt gemessen wird, wobei sich die Studien bzw. Scores genau in diesem Referenzpunkt grundlegend unterscheiden.

Zu den direkten Messmethoden mit Referenzpunkt am Femur zählen die Methode von Blumensaat, Jansen und Hepp sowie Labelle. Hier wird der Score aus der Entfernung der Referenzpunkte des oberen Patellapols zur „Blumensaatlinie“ des Femur bzw. zur ventralen Femurkortikalis berechnet. Die Methode nach Bernageau bemisst von einem Referenzpunkt am proximalen femoralen Gleitlager die Entfernung zur Patella.

Zu den indirekten Methoden werden die Verfahren von Blackburne - Peel, Caton - Dechamps und Egund gerechnet. Der Referenzpunkt wird an der femorotibialen Gelenkfläche bzw. an dieser Tangente als Referenzlinie festgelegt. Neben den Referenzpunkten des Femurs bzw. der Gelenklinie wird der (modifizierte) Insall - Salvati Index aus Referenzpunkten zur Tibia bemessen. Allgemein ändern sich die Referenzpunkte bzw. -linien unter anderem aufgrund des Flexionswinkels des Kniegelenks bei der streng seitlichen Röntgenaufnahme (meist in 30° Flexion). Die Methoden nach Insall - Salvati, Caton - Deschamps und Blackburne - Peel sind unabhängig vom Beugungswinkel des Kniegelenkes auf der lateralen Röntgenaufnahme, können aber anatomischen Variationen unterliegen. So können zum Beispiel die Patellaform, degenerative Veränderungen des Tibiaplateaus und der Tuberositas Tibiae die Bemessung qualitativ beeinflussen und zu Schwankungen führen. Seil et al. haben in ihrer Studie eine sehr gute „inter - observer“ Rate in Bezug auf die verschiedenen Scores nachweisen können. Daten zur Beurteilung der „intra - observer“ Rate zeigten allerdings gravierende Unterschiede, sodass die Autoren schlussfolgerten ein idealer Score sollte den Abstand der Patella zur Trochlea (I) und den Abstand der Patella zum femorotibialen Gelenkspalt (II) beinhalten. Der Abstand der Patella zur Trochlea (I) wird durch die Methode von Bernageau berücksichtigt, welche sich allerdings als sehr aufwendig herausstellte (Seil, Rupp et al. 2000). Der Abstand der Patella zum femorotibialen Gelenkspalt (II) wird von Caton - Dechamps und Blackburne - Peel berücksichtigt.

In der klinischen Routine werden bei jedem dritten Patienten mit chronisch rezidivierenden Patellaluxationen und/ oder - instabilität eine „Patella alta“ diagnostiziert (Seil, Müller et al. 2000). Von den aufgeführten Scores werden im klinischen Alltag der Insall - Salvati (u.a. modifiziert) und der Caton - Dechamps - Score am häufigsten angewandt.

Die Objektivierung der Patellahöhe kann durch die Scores sehr gut abgebildet werden. Allerdings wird die Beurteilung der funktionellen Bedeutung der unterschiedlichen Patellahöhen vernachlässigt. In einer biomechanischen Kadaverstudie wurde nachgewiesen, dass eine Verkürzung der Patellasehne um 10 %, zum Beispiel postoperativ als „graft morbidity“ nach Kreuzband-Rekonstruktion (in BTB – Technik), keinen signifikanten Einfluss auf den patellofemorale Anpressdruck hat. Dennoch werden in der gängigen Literatur nach derartiger Kreuzbandrekonstruktion Beschwerden im Sinne eines Patellofemorale Schmerzkomplexes beschrieben (Upadhyay, Vollans et al. 2005). Ursächlich für eine Patella infera sind verschiedene extrinsische, zum Beispiel Dysfunktion des M. Quadrizeps, und intrinsische Faktoren, zum Beispiel posttraumatische Änderung der Kollagenstruktur der Sehne (Weale, Murray et al. 1999). Eine Kontraktur der Patellasehne kann in solchen Fällen zu vorderem Knieschmerz und eingeschränkter Beweglichkeit führen. Im Gegensatz dazu wird eine Elongation der Patellasehne, respektive eine Patella alta, neben Trochlea - Dysplasien, Patella - Tilt oder Offset der tibialen Tuberositas als Ursache für eine Patellainstabilität angesehen (Neyret, Robinson et al. 2002).

### 1.1.8 Patellofemorale Instabilität und Patella-Maltracking

Die Patellofemorale Instabilität (PFI) tritt meist nach einer Patellaluxation bzw. -subluxation auf. Die Inzidenz der PFI wird mit 7 - 49 pro 100.000 Einwohner beschrieben und macht ca. 10% der muskuloskelettalen Beschwerden im ambulanten Versorgungsbereich aus (Atkin, Fithian et al. 2000).

Die patellofemorale Instabilität ist multifaktoriell bedingt und häufig durch eine Dysbalance zwischen aktiven und passiven Stabilisatoren sowie den statischen Gegebenheiten bedingt. Veränderungen bzw. eine Unausgewogenheit in diesem System können eine Instabilität klinisch symptomatisch machen.

Grundsätzlich durchläuft die Patella bei Bewegung verschiedene Stationen, die stabilisierend auf die Kinematik der Patella wirken, wie bereits unter 1.1.5/6 beschrieben. Da die vertikale Translation aber bei einer Beugung von ca. 30° - 100° durch die knöchernen Kongruenz der Patella und Trochlea stabilisiert wird, kann eine Trochleadysplasie weitreichende Konsequenzen verursachen. Eine Trochleadysplasie wird meist durch ein abgeflachtes

mediales Kompartiment beschrieben, wodurch sich der laterale „Slope“ vermindert und die Trochlea vermehrt abgeflacht erscheint. Dieses als sogenanntes „Crossing sign“ in der radiologischen Diagnostik bekannte Phänomen wurde von Dejour et al. beschrieben (Dejour, Walch et al. 1994). Neben der Trochleamorphologie spielen ebenfalls die Tiefe des Sulcus („trochlear depth“), sowie der Patellahochstand („Patella alta“) und eine grobe Fehlstellung der tibialen Tuberositas zur Trochlea eine definitive Rolle in der Quantifizierung der Patellainstabilität.

## **1.2 Patellafraktur**

### **1.2.1 Epidemiologie**

Allgemein ist die Patellafraktur mit einer Prävalenz von ca. 1% eine der seltenen Skelettverletzungen (Boström 1972, Lotke, Ecker et al. 1981). Die Inzidenz der Patellafraktur liegt mit der Mehrzahl zwischen dem 20. - 50. Lebensjahr. Die männliche Bevölkerung ist doppelt so häufig betroffen wie die Weibliche. Man kann zusätzlich einen Häufigkeitsgipfel von Querfrakturen vor allem bei jüngeren Patienten (< 50. Lebensjahr) beobachten, wobei Trümmerfrakturen überwiegend bei Älteren auftreten am ehesten aufgrund der verminderten Knochendichte. In etwa jedem 14. Fall einer Patellafraktur handelt es sich um eine offene Fraktur (Torchia, Lewallen et al. 1996). Als Unfallmechanismen werden häufig ein direktes Anpralltrauma bzw. Kontusion nach Sturz beschrieben. Dabei kommt es bei der exponierten Lage der Patella meist zu einer Quer- bzw. Trümmerfraktur. Eine Fragmentdislokation wird häufig durch die muskulo-ligamentären Zugkräfte nach proximal und distal verstärkt. Im Falle einer Fraktur entsteht aufgrund einer Diskontinuität des Streckapparates ein funktioneller Kraftverlust bei Streckung im Kniegelenk. Eine Distorsion des Kniegelenkes ist selten ursächlich für eine Patellafraktur. Bei der klinischen Untersuchung einer frischen Patellafraktur ist häufig eine deutliche Prellmarke zentral über der Patella nachweisbar, diese ist in vielen Fällen mit Hämatombildung vergesellschaftet. Die Patellafraktur weist oftmals einen intraartikulären Erguss auf (Galla, Lobenhoffer et al. 2005).

Des Weiteren werden mit einer Inzidenz von 0,68 % peri- oder postoperative Patellafrakturen nach Knie totalendoprothese als Komplikation beschrieben (Ortiguera, Berry et al. 2002). In der Literatur ist auch eine Frakturinzidenz nach Entnahme eines Patellarsehnen-Transplantats zu Rekonstruktionszwecken (VKB/BTB - Technik mit Patellarsehne) mit weniger als 1% beschrieben (Christen, Jakob et al. 1992). Eine Sonderform betrifft die Patellafraktur im Kindesalter, welche im konventionellen Röntgen unterschätzt werden kann. Hierbei kann es zu einer „Sleeve-Fraktur“ kommen, welche als osteochondrale Ausrissfraktur des Patellapols

angesehen wird. „Sleeve Frakturen“ sollten in der Untersuchung vor allem bei Verletzungen im Rahmen von Sprungsportarten, Fussball und Skateboarden richtig diagnostiziert werden, da es dabei meist durch den Traumahergang aus dem gebeugten Kniegelenk zu einer abrupten Längenänderung des M. Quadrizeps kommen kann. Andere Ursachen insbesondere eine stattgehabte Luxation sind ebenfalls zu beachten. Bei dieser okkulten Verletzung und ausbleibender Therapie kann es zu einer Streckhemmung im Kniegelenk aufgrund einer zusätzlichen Ossifikation des osteochondralen „Sleeve“ kommen (Hunt, Somashekar et al. 2005).

### 1.2.2 Klassifikation

Patellafrakturen wurden 1994 von Speck und al. je nach anatomischer Lokalisation in 3 Klassen unterteilt Längs - / Quer - und Mehrfragmentfraktur (Speck, Regazzoni et al. 1994). Längsfrakturen wurden als Typ A bezeichnet, Quer - als Typ B und Mehrfragmentfrakturen als Typ C. Zusätzlich wurden jeweils drei Untergruppierung (A.1 - A.3, B.1 - B.3, C.1 - C.3) vorgestellt, die eine Fraktur-/ Fragmentdehiszenz bzw. Fragmentanzahl beschreiben. 1990 wurde von der Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen (AO) eine weitere geläufigere Klassifikation eingeführt. Die Patellafraktur wird hier als AO.34 Typ A bis C eingeteilt, wobei Gruppe A - C jeweils weiter unterteilt sind. Speziell wird hier allerdings zwischen einer extraartikulären Typ A -, einer partiell intraartikulären Typ B - und einer komplett intraartikulären Typ C - Fraktur unterschieden (siehe Abbildung 3). Bei zunehmender Schwere der Fraktur erfolgt somit die zusätzliche Zuordnung in Untergruppen.

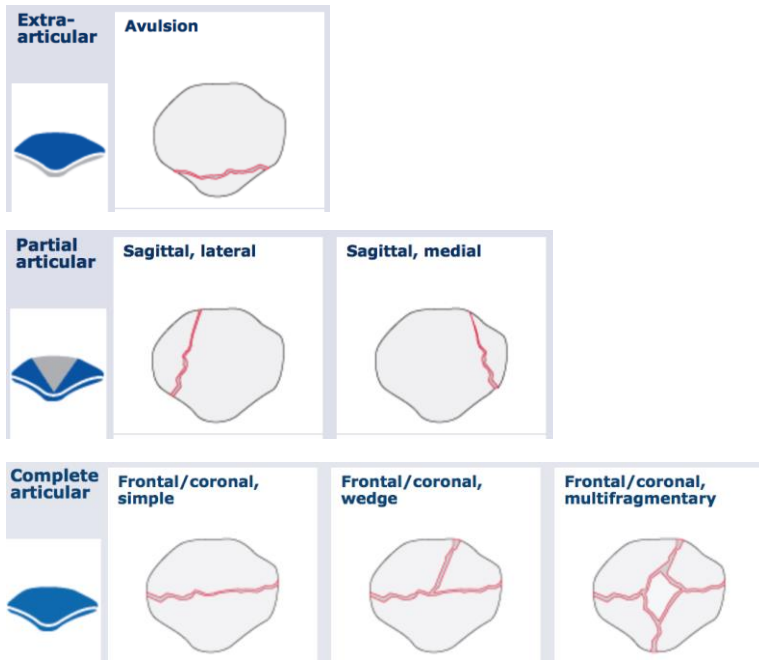


Abbildung 3: Beschreibung der Frakturmorphologie der Patella nach AO in extraartikuläre, partiell artikuläre und komplett intraartikuläre Patellafrakturen. Die extraartikulären Frakturen werden noch in distale und proximale Polfrakturen bzw. laterale und mediale Frakturen eingeteilt (AO Foundation, 2020).



### 1.2.3 Begleitverletzungen der Patellafraktur

Wenzl et al. untersuchten retrospektiv im Rahmen allgemeiner Kniegelenkstraumata mögliche Begleitverletzungen bei Patellafraktur bzw. auch -luxationen mittels Arthroskopie. Hierbei fanden sie bei ungefähr einem Drittel der Fälle eine begleitende retropatellare Knorpelläsion meist im Sinne eines osteochondralen Flakes, welches operativ adressiert wurde (Wenzl, Krause et al. 2002). Die Kollegen empfehlen grundsätzlich bei Patellaluxation eine Arthroskopie (Wenzl, Krause et al. 2002). Allgemeine periartikuläre Begleitverletzungen sind selten, da die Mehrzahl der Frakturen aufgrund direkter Anpralltraumata verursacht wird ohne Rotations - bzw. Varus- / Valgusstress. Dennoch muss eine potentielle multilaterale Kniegelenksinstabilität bei jeder Inspektion ausgeschlossen werden. Meist zeigt sich ein Hämarthros neben der klinisch imponierenden „Delle“ bei stark dislozierten Patellafrakturen. Des Weiteren sollten insbesondere bei „dashboard injuries“ bei Verkehrsunfällen Frakturen der angrenzenden anatomischen Strukturen insbesondere des Tibiakopfes, des hinteren Kreuzbandes und des Azetabulums sorgfältig ausgeschlossen werden. Selten kann eine peripatellare Hypästhesie temporär auftreten (Läsion N. infrapatellaris). Eine MRT Untersuchung ist grundsätzlich bei klinischem Verdacht einer kapsuloligamentären Begleitverletzung empfohlen. Bei anlagebedingter Patella bi - bzw. tripartita kann es zusätzlich lokal zu Ausrissfrakturen kommen aufgrund der geschwächten knorpeligen Verbindungen.

## 1.2.5 Therapeutische Versorgungsmöglichkeiten

Das Ziel der konservativen aber auch der operativen Versorgung ist es eine möglichst schnell einsetzende funktionelle Nachbehandlung zu ermöglichen, um posttraumatische Komplikationen zu vermindern. Bei geringer retropatellarer Dislokation  $< 2$  mm, sowie minimaler Fragmentdislokation und bei Erhalt der Streckfunktion kann eine konservative Therapie in Form einer frühfunktionellen Nachbehandlung diskutiert werden.

Die Indikation zur Operation soll posttraumatische degenerative Veränderungen bzw. Einschränkungen der Beweglichkeit (Knorpeldestruktion, Kapselverhärtung) verhindern (Sørensen 1964). Typische Indikationen zur operativen Versorgung einer Patellafraktur sind der Verlust bzw. die Minderung der Kniegelenkstreckung, eine intraartikuläre Stufenbildung von  $> 2$  mm retropatellar und eine Fragmentdislokation  $> 3$  mm. Zusätzlich sollte bei Trümmerfrakturen und osteochondralen Flakefrakturen eine anatomisch-offene Reposition und Frakturstabilisierung angestrebt werden bzw. wird in der gängigen Literatur empfohlen (Carpenter, Kasman et al. 1997).

Das Ziel der konservativen aber auch der operativen Versorgung ist es möglichst schnell eine funktionelle Nachbehandlung zu ermöglichen, um posttraumatische Komplikationen zu reduzieren. Insbesondere innovative operative Verfahren wie zum Beispiel winkelstabile Plattenosteosynthesensysteme bei Patellatrümmerfraktur ermöglichen es dem Operateur, Trümmerzonen anatomisch zu rekonstruieren und zusätzlich durch das „low-profile“ der Platten ein störendes Implantatlager zu vermeiden.

Die „Salvage“ – Operation mit Teil- bzw. Patellectomie sollte aufgrund des massiven Funktionsverlustes insbesondere bei Streckung ( $> 30^\circ$ ) vermieden werden (Kaufer 1971).

## 1.2.6 Therapiemodalitäten

### 1.2.6.1 Konservative Therapie

In Fällen von geringer retropatellarer Dislokation  $< 2$  mm, sowie minimaler Fragmentdislokation bei erhaltener Streckfunktion kann eine frühfunktionelle Nachbehandlung im Sinne einer konservativen Therapie empfohlen werden (Galla, Lobenhoffer et al. 2005, Wild, Khayal et al. 2008). Die frühfunktionelle Beübung kann in einer Kniegelenksorthese ohne aktive Streckung mit einer Steigerung der Flexion in  $30^\circ$  - Schritten ( $30^\circ$ -  $60^\circ$ -  $90^\circ$ ) in einem 2-Wochen Rhythmus in 6 Wochen durchgeführt werden. Risiken wie insbesondere eine sekundäre Dislokation der Fragmente, posttraumatische Arthrose, Arthrofibrose oder ein Streckdefizit sollten eingehend mit dem Patienten besprochen werden. Eine Röntgenkontrolle ist vor allem in den ersten beiden Wochen nach Trauma in einem

Intervall von 4 - 7 - 11 Tagen anzuraten, um bei instabiler Situation eine sekundäre Dislokation möglichst früh zu identifizieren.

#### 1.2.6.2 Operativer Zugang

Der paramediane bzw. mediane Zugangsweg (analog des Zugangs in der Knie - Endoprothetik) beginnend kranial der Patella mit zentralem Verlauf bis zu der Tuberositas tibiae, sollte als Standardzugang gewählt werden. Alternativ ist eine zusätzliche Inzision des lateralen Retinakulum patellae zur besseren Darstellung der retropatellaren Gelenkfläche mit Arthrotomie und 90° - Flip der Patella nach lateraler Mobilisierung ebenfalls möglich (Gardner, Griffith et al. 2005). Bekanntermaßen sollte medial eine parapatellare Inzision aufgrund der Gefährdung des R. infrapatellaris des N. saphenus vermieden werden.

#### 1.2.6.3 K – Draht Osteosynthese

Neben der winkelstabilen Plattenosteosynthese ist die K – Draht Osteosynthese unter Verwendung von K - Drähten bzw. Drahtzerklagen und gegebenenfalls innovativ-modifizierter Schraubenosteosynthese weiterhin eine bewährte operative Therapie bei einfachen Patellafrakturen (AO Klassifikation Typ A, B, C1.1 - 1.3). Nach Reposition der Fraktur sollten die K - Drähte respektive kanülierte Schrauben parallel und senkrecht zum Frakturspalt eingebracht werden. Die Platzierung der K - Drähte erfolgt nach AO Prinzipien ca. 5 - 6 mm hinter der Patellavorderfläche, um somit den größten Osteosyntheseseffekt zu erzielen (Carpenter, Kasman et al. 1997). Die Osteosynthese mittels Stahldraht sollte in Form einer typischen 8 anterior zu der Patella erfolgen. Das Prinzip der doppelten Verzwirbelung scheint der einfachen Verzwirbelung hinsichtlich Stabilität überlegen zu sein (Koval, Kim et al. 1997). Die Verwendung einer Kabelzerklage im Vergleich zu Stahldraht hat nachweislich Vorteile in der Biomechanik, Stabilität und in der Handhabung für den Operateur (Hung, Chan et al. 1985, Tian, Hai et al. 2015).

Die Modifikation der Osteosynthese mittels kanülierter Schrauben weist laut einer aktuellen Metaanalyse keinen signifikanten Unterschied in OP - Zeit, Heilungsdauer, Infektionsrate und Flexionsdefizit zu herkömmlichen Osteosyntheseverfahren auf (Zhang, Xu et al. 2018). Die gesamte Komplikationsrate ist im Vergleich zur klassischen K – Draht Osteosynthese vermindert mit besseren Ergebnissen in den klinischen Scores (Iowa Knee score, Lysholm, Böstman joint function score) (Zhang, Xu et al. 2018). Die Idee einer metallfreien Osteosynthese im Sinne einer Osteosynthese mit Polyethylen Nahtmaterial weist im biomechanischen Modell keine signifikant schlechtere Reposition, Stabilität oder „load-to-failure“ im Vergleich zum Stahldraht auf (Hughes, Stott et al. 2007, Wright, Kosmopoulos et

al. 2009). Die Durchsetzung in der klinischen Anwendung zeigt ebenfalls gute Ergebnisse bei allerdings sehr geringen Fallzahlen (Yotsumoto, Nishikawa et al. 2009). Die Verwendung einer metallfreien Osteosynthese könnte die sekundäre Komplikation eines störenden Implantats vermindern und die relativ hohe Metallentfernungsrate (40 % Patienten > 60. Lebensjahr) verringern (Merreddy, Hakkalamani et al. 2010).

Klinisches Fallbeispiel einer K – Draht Osteosynthese:

Abbildung 4 a, b zeigt die Röntgenaufnahmen einer 35 - jährigen Patientin, die sich nach Sturz auf das linke Knie eine AO34- C 1 Fraktur zugezogen hat. Die postoperativen Röntgenaufnahmen (4 c, d) zeigen eine operative Versorgung der Patellafraktur mittels K – Draht Osteosynthese der dislozierten Frakturfragmente.

Im Detail wurden 2 K - Drähte eingebracht sowie eine 8 - förmige doppelte Verzwirbelung zentral. Die beiden K - Drähte fassen parallel das proximale und distale Fragment und führen zur Reposition der Fragmente. Die postoperativen Kontrollröntgenbilder zeigen nach 6 Wochen eine fortschreitende Konsolidierung der Fraktur ohne sekundäre Dislokation, sowie ohne Zeichen einer Implantatdislokation.

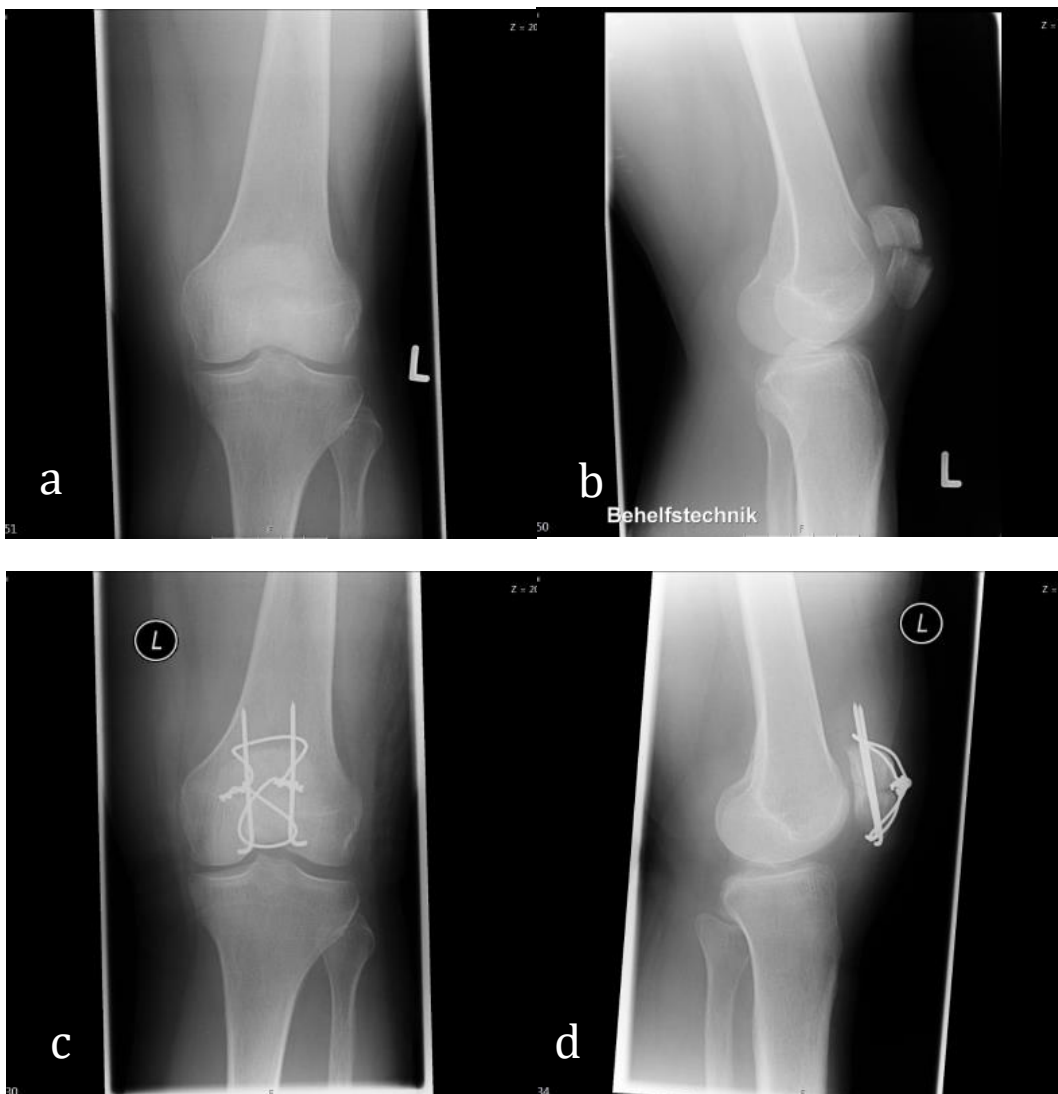


Abbildung 4: Röntgenaufnahmen Kniegelenk links in 2 Ebenen. Patellafraktur Typ AO.34-C1 (a,b). 6 Wochen nach operativer Versorgung mittels K – Draht Osteosynthese (c,d), zeigt sich eine stufenfreie Rekonstruktion des patellofemorale Gelenkanteils.

#### 1.2.6.4 Schraubenosteosynthese

Die isolierte Schraubenosteosynthese hat ihren Stellenwert vor allem bei Typ AO.34 - B Frakturen und in Kombination mit K – Draht Osteosynthesen auch bei Typ AO.34 - C Frakturen (Carpenter, Kasman et al. 1997). Die minimal-invasive perkutane Implantation von Schrauben bei gering dislozierten medialen oder lateralen Patellalängsfrakturen zeigt im Verhältnis zur offenen Reposition eine verminderte OP - Zeit, verbesserte Bewegungsfreiheit und ein besseres funktionelles Outcome postoperativ (Luna-Pizarro, Amato et al. 2006).

Klinisches Fallbeispiel einer Schraubenosteosynthese:

Ein 56 - jähriger Mann erlitt durch einen Sturz mit Stauchungstrauma des rechten Kniegelenkes eine mediale Patellalängsfraktur (siehe Abbildung 5). Es wurde die Indikation zur perkutanen Schraubenosteosynthese gestellt mit der Möglichkeit einer postoperativ frühfunktionellen Behandlung. Der Patient konnte direkt postoperativ eine assistierte Beübung mit einem Flexionslimit des Kniegelenkes von 90° beginnen. Die postoperative Röntgenkontrolle nach 3 Monaten zeigt eine regelrechte Konsolidierung der Fraktur (siehe Abbildung 6).



Abbildung 5: CT- Untersuchung eines rechten Kniegelenkes. Das koronare (a) sowie das axiale (b) CT-Bild im Knochenfenster zeigt eine gering dislozierte mediale Patellalängsfraktur (AO.34- B2).

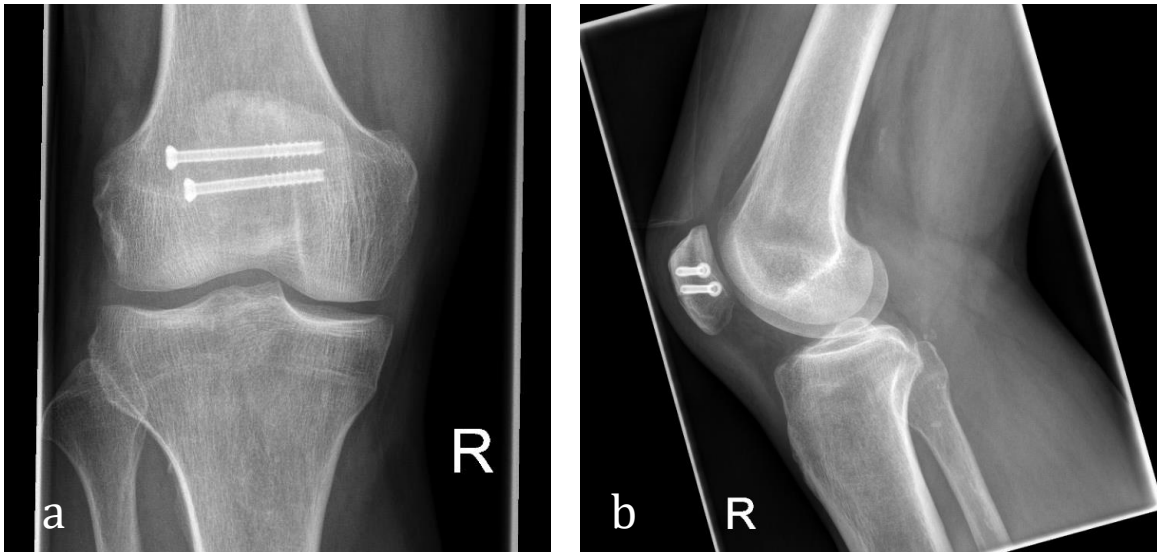


Abbildung 6: Röntgenaufnahme des rechten Kniegelenkes in 2 Ebenen (a,b): Zustand nach minimal-invasiver perkutaner Schraubenosteosynthese einer medialen Patellalängsfraktur mit Zeichen einer fortgeschrittenen knöchernen Konsolidierung der Fraktur (nach 3 Monaten) ohne Hinweis auf eine sekundäre Implantatdislokation bzw. -lockerung.

#### 1.2.6.5 Innovative Verfahren mit winkelstabiler Plattenosteosynthese

Neben den bekannten und bewährten Frakturversorgungsverfahren wie K – Draht - und Schraubenosteosynthese, stellt die winkelstabile Plattenosteosynthese seit über 10 Jahren eine Alternative zur Behandlung von Trümmer - bzw. Mehrfragmentfrakturen (> 3 Frakturlinien) sowie bei Osteoporose dar. Die K – Draht Osteosynthese lässt bei diesen Frakturen nur begrenzt eine stabile anatomische Rekonstruktion der Trümmerzone zu.

Durch die Etablierung der winkelstabilen Plattenosteosynthese wurde die Teil- bzw. Patellektomie als „Salvage - Operation“ bei ausgedehnten Trümmerfrakturen der Patella obsolet. Vorteil der winkelstabilen Platte ist die Möglichkeit, die Fragmente stabil monokortikal zu fixieren. Eine bikortikale Schraubenlage im femoropatellaren Gelenk muss absolut vermieden werden. Die Kombination einer Äquatorialzerklage (z.B. Polyethylenfaden) und Schraubenosteosynthese ermöglicht eine ausreichende Frakturkompression, die mit einer winkelstabilen Plattenosteosynthese gesichert werden kann.

Die Weiterentwicklung bestimmter winkelstabiler Platten (z.B.: „Patella Fracture Repair“, Arthrex®, München, Deutschland) gibt dem Operateur die zusätzliche Möglichkeit eine distale Polfraktur durch Hakenhalterung zu fixieren (siehe Abbildung 7). Eine biomechanische Studie im Vergleich der K – Draht Osteosynthese mit der Plattenosteosynthese zeigte bereits 2015, dass die Plattenosteosynthese eine vermehrte Stabilität bei höheren Zugkräften aufweist bei gleichzeitig geringeren Versagensraten (Wurm, Augat et al. 2015). Eine prospektive Fallstudie von Ellwein et al. konnte 2017 erste vielversprechende Ergebnisse wie frühe Bewegungsfreiheit bis zu 120° Flexion 6 Wochen postoperativ und schnelle Verbesserung des funktionellen Outcomes nach Versorgung mittels winkelstabiler Plattenosteosynthese vorweisen (Ellwein, Lill et al. 2017). Ein randomisierter Vergleich der Plattenosteosynthese mit bekannten Frakturosteosynthesen ist aktuell noch ausstehend, so kann aber zumindest die winkelstabile Plattenosteosynthese als Alternative empfohlen werden. Wurm et al. konnten im Jahr 2018 in einer retrospektiven Studie ein gutes bis exzellentes Ergebnis in der Bewegungsfreiheit und Kraftentwicklung nach Versorgung einer Patellafraktur mit Plattenosteosynthese aufzeigen (Wurm, Bühren et al. 2018). Moore et al. berichteten ebenfalls im Jahr 2018, dass in ihrer retrospektiven Studie kaum Metallentfernungen aufgrund störender Plattenimplantate durchgeführt wurden (n=4/36). Eine elektive Metallentfernung war bei keinem Patienten innerhalb eines mittleren Follow – Up von 154 Wochen notwendig (Moore, Sampathi et al. 2018).



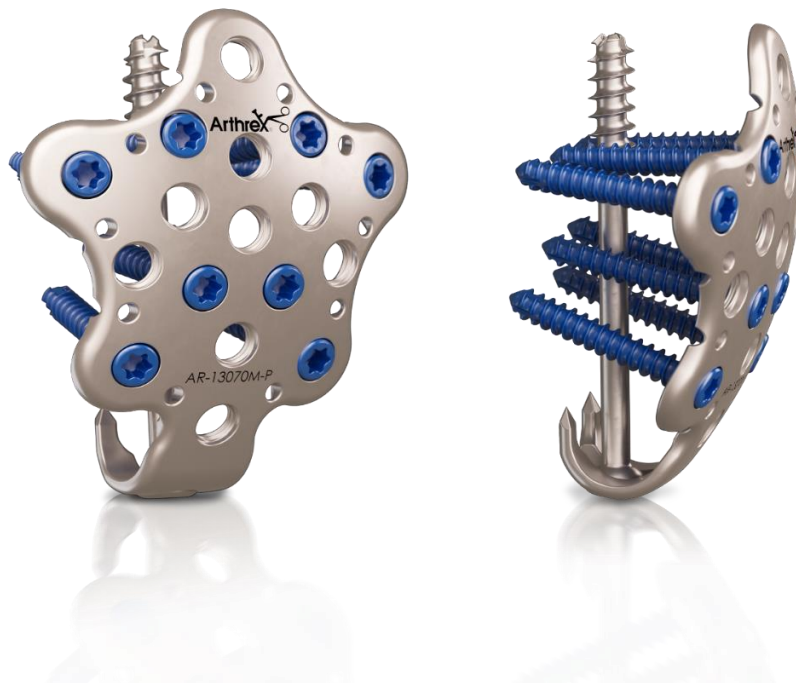


Abbildung 7: Spezielles Modell der winkelstabilen Plattenosteosynthese mit einer zusätzlichen „Hakenvorrichtung“ zur Behandlung einer distalen Patellapolfraktur. Diese Frakturform kann zusätzlich durch eine vertikal aufsteigende Zugschraube komprimiert werden (Patella SuturePlate™ II, arthrex.com, 2020).

Klinisches Fallbeispiel einer winkelstabilen Plattenosteosynthese:

Eine 73-jährige Patientin war auf ihr linkes Kniegelenk gestürzt und hatte sich eine Patella-Trümmerfraktur AO.34 – C.1 zugezogen (siehe Abbildung 8 a, b). Die CT – Bildgebung zeigte im Knochenfenster das Ausmaß der Trümmerfraktur in der coronaren Bildebene (siehe Abbildung 9 a,b), sowie die Fragmentdislokation nach medial in der axialen Schicht (9 c) und Gelenkstufenbildung in der sagittalen Ebene (9 d). Die Patientin wurde mit einer winkelstabilen Plattenosteosynthese (Starplate™, Arthrex, München, Deutschland), sowie einer Äquatorialzerklage (FiberTape™, Arthrex, München, Deutschland) versorgt. Die Röntgennachuntersuchung 12 Wochen postoperativ zeigt eine fortgeschrittene ossäre Durchbauung (siehe Abbildung 10) ohne Hinweis auf eine Dislokation der Fraktur oder Zeichen einer Implantatlockerung. Funktionell fand sich ein gutes Outcome mit Bewegungsfreiheit in Flexion bis ca. 120° ohne Angabe von Schmerzen.



Abbildung 8: Die Röntgenaufnahme des linken Kniegelenkes in 2 Ebenen (a,b) zeigt eine Patella-Trümmerfraktur mit retropatellarer Dislokation und Stufenbildung sowie zentraler Dehiszenz der Frakturfragmente.



Abbildung 9: Detailliertere Darstellung des Frakturausmaßes der Trümmerzone in der CT – Bildgebung im Knochenfenster. In der coronaren Schnittbildenebene (a,b) zeigt sich eine mehrfragmentierte Patella mit querverlaufenden Frakturlinien und einer großen Fragmentdehiszenz zentral und distal im Polbereich. Die axiale Darstellung (c) zeigt ein nach medial disloziertes Fragment. Die zusätzlich sagittale Ebene (d) weist eine Gelenkflächeninkongruenz mit einem zentral imprimierten Anteil auf.

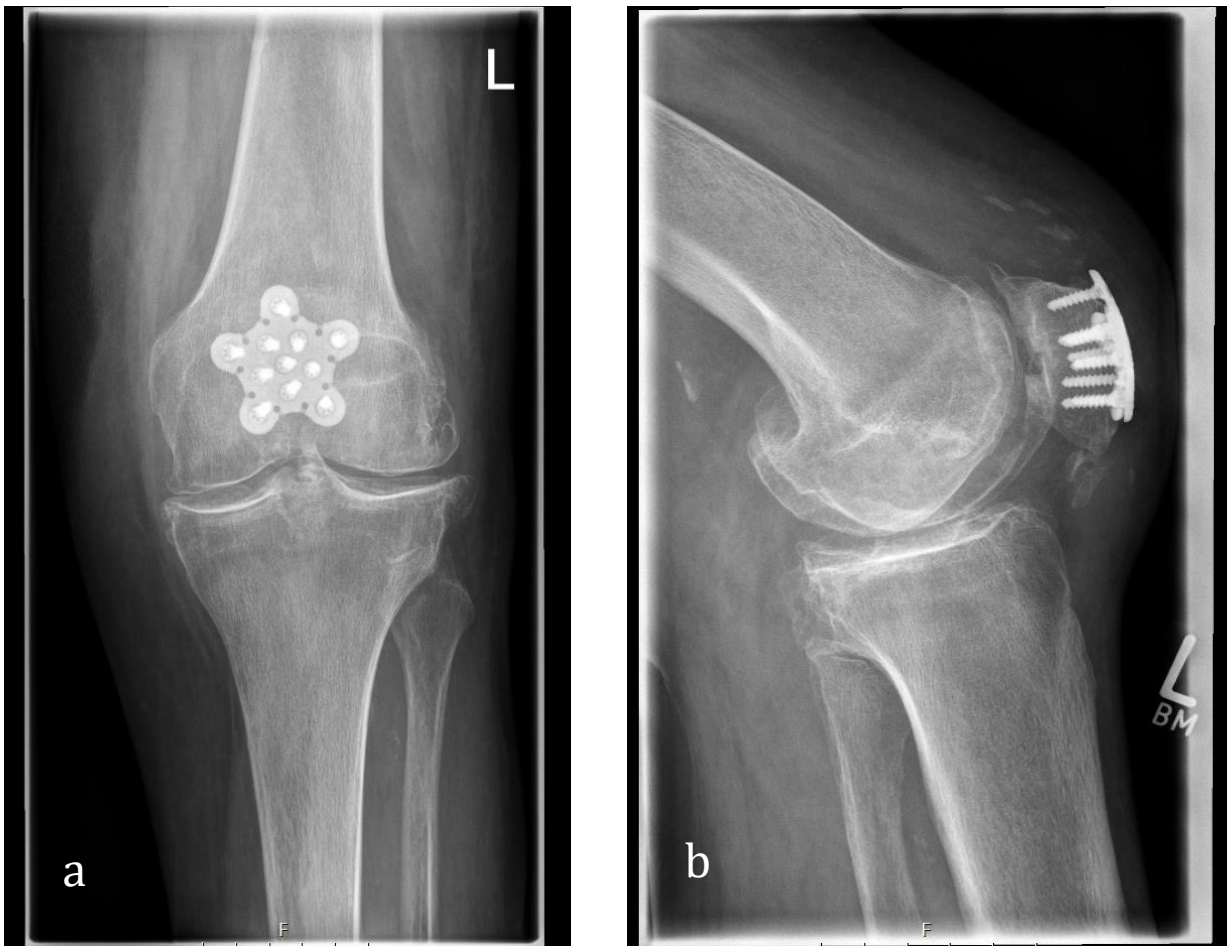


Abbildung 10: Die Röntgenaufnahme des linken Kniegelenkes in 2 Ebenen (a,b) zeigt 12 Wochen postoperativ eine regelrecht fortgeschrittene Konsolidierung der Trümmerfraktur ohne sekundäre Dislokation bzw. Implantatlockerung. Das distale Polfragment ist durch die distalen Schrauben stabil gefasst.

#### 1.2.6.6 Versorgung der osteochondralen Patellafraktur

Die Arthroskopie ist die Standardtherapie bei osteochondralen Frakturen der Patella mit ggf. frei flotierenden Gelenkkörpern. Dieses Verfahren bietet die besten Optionen zur Refixation oder ggf. Exzision. Osteochondrale Frakturen und chondrale Flakes treten am häufigsten nach traumatischer Patellaluxation auf. Die Indikation zur Refixation hängt u.a. von der Fragmentgröße und Grad der Zertrümmerung ab. Einfache chondrale Flakes sollten entfernt werden. Bei größeren retropatellaren Knorpeldefekten zeigt die Refixation gute Ergebnisse. Grundsätzlich sind viele Verfahren zur Refixation der Fragmente möglich (HCS - Schrauben, Bio - Anker, biologisch absorbierbare Implantate) (Nomura, Inoue et al. 2003).

## 1.2.7 Nachbehandlung und funktionelles Outcome

Die Nachbehandlung erfolgt je nach operativer Versorgung in den ersten 6 Wochen mit Teilentlastung an Unterarmgehstützen und Ruhigstellung in einer Bewegungsschiene. In diesen 6 Wochen wird die Bewegung in einem 2 - Wochen - Rhythmus von Flexion/Extension 30° - 0° - 0° auf über 90° - 0° - 0° limitiert gesteigert. Ab der 12. Woche nach OP ist eine Belastungsstabilität und somit der Übergang in eine Trainingsstabilität möglich. Hier erfolgt unter physiotherapeutischer Assistenz eine erweiterte Gangschulung, sowie ein Muskelaufbautraining an Geräten. Eine Sportfähigkeit ist individuell meist ab dem 4. Monat postoperativ wiederhergestellt, wobei isolierte kniebelastende Sportarten für insgesamt 6 Monate vermieden werden sollten. Eine detaillierte Nachsorgeempfehlung wird von der Deutschen Gesellschaft für Orthopädie und Unfallchirurgie in aktualisierten Zeitabständen herausgegeben (DGOU 2017).

Das funktionelle Outcome wird in der Klinik für Unfallchirurgie des Universitätsklinikums Rechts der Isar mittlerweile durch sogenannte „patient reported Outcome“ (PRO) Fragebögen bewertet. Vorteile dieser PRO sind der logistisch und personell verminderte Aufwand für Patient und Arzt zur Erhebung retrospektiver Daten als sogenannte „Self - Assessment Scores“ in der Outcomeforschung (Beirer, Fiedler et al. 2015).

Eine Vielzahl von Untersuchungsbögen für Kniebeschwerden (z.B.: Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score, KOOS; International Knee Documentation Committee, IKDC; Lysholm Knee Score; Western Ontario Meniscal Evaluation Tool Score, WOMAC; Tegner Score) sind in der Literatur bekannt und werden weit verbreitet eingesetzt (Roos et al. 1998, Roos, Toksvig-Larsen et al. 2003, Briggs, Lysholm et al. 2009, Collins, Misra et al. 2011).

### 1.3 Fragestellung - Zielsetzung

Die Patellafraktur ist in Bezug auf das gesamte Skelettsystem eine relativ seltene Fraktur (Inzidenz 0,5 - 1%) (Amis, Firer et al. (2003)). In der Altersverteilung gibt es ein Häufigkeitsgipfel zwischen dem 20. und 50. Lebensjahr. Die Verteilung der Frakturklassifikation nach AO wird in der Studie von Larsen et al. im Jahr 2016 mit 25 % AO Typ C3 (Trümmerfrakturen) bei einem Patientenkollektiv von 756 Patellafrakturen angegeben. Des Weiteren wird von einer steigenden Inzidenz mit zunehmendem Alter berichtet. Von den Autoren wird postuliert, dass die Patellafraktur bei Frauen zwischen dem 60. und 80. Lebensjahr als „Fragility Fracture“ angesehen werden kann (Larsen, Vedel et al. 2016)

Als eine der häufigsten Unfallmechanismen wird das direkte Anpralltrauma z.B. dash - board injury bei Verkehrsunfällen beschrieben. In 32% der Fälle finden sich Sportverletzungen als Ursache (Kraus, Švehlík et al. 2012). Die aktuelle Literatur berichtet auch von iatrogenen peri- und postoperativen Patellafrakturen bei Implantation einer Knie totalendoprothese mit einer geringen Inzidenz von 0,68 % sowie nach Entnahme eines Patellasehnentransplantates mit weniger als 1% (Christen, Jakob et al. 1992, Ortiguera, Berry et al. 2002).

Zur operativen Versorgung steht ein vielseitiges Armentarium für eine offene Reposition und interne Fixierung zur Verfügung. Die weit verbreitete K – Draht Osteosynthese ist seit Jahrzehnten als operative Therapie etabliert, und ist bei der richtigen Indikationsstellung zu empfehlen. Die neuere Variante der winkelstabilen Plattenosteosynthese erleichtert dem Operateur eine adäquate Reposition vor allem von Trümmerfrakturen mit multiplen Fragmenten.

Trotz der geringen Inzidenz der Patellafraktur leiden viele Patienten nach dieser Verletzung an einer eingeschränkten Beweglichkeit, Kraftminderung bei Kniegelenksstreckung oder verminderter Sportfähigkeit trotz optimaler operativer Versorgung mit Wiederherstellung der Gelenkkongruenz und des Streckapparates (Amis, Firer et al. 2003). In der Literatur wird das funktionelle Outcome nach Versorgung einer Patellafraktur trotz moderner Therapieverfahren und stetiger Verbesserung der aktuellen Konzepte als nicht zufriedenstellend beschrieben. Multiple Publikationen berichten nach vor allem dislozierten oder Trümmerfrakturen von allgemeinen Beschwerden bei bis zu der Hälfte der Patienten. Zudem finden sich funktionelle Beschwerden bei bis zu einem Drittel des Patientenguts (Boström 1972, Hung, Chan et al. 1985, Levack, Flannagan et al. 1985, Mehdi, Husson et al. 1999).

Beruhend auf dieser Tatsache und der Weiterentwicklung operativer Verfahren wurden drei Hauptziele dieser Dissertationsarbeit definiert:

- 1) Als primäres Ziel wurde festgelegt retrospektive Daten zu dem funktionellen Outcome verschiedener operativer Versorgungsmodalitäten bei Patellafraktur zu erheben. Zudem war es ein wichtiges Ziel der vorgelegten Dissertationsarbeit die Frage zu beantworten, ob insbesondere die neuer entwickelte und innovative Plattenosteosynthese gegenüber den gängigen Verfahren wie der K – Draht Osteosynthese einen signifikanten Vorteil im kurzen Follow - up aufweist.
  
- 2) Als weitere Zielsetzung wurde die Evaluation der Frage, ob die Patellahöhe (Patella alta bzw. baja) nach Fraktur das funktionelle Outcome der Patienten beeinträchtigt und dies zu Einschränkungen bei den alltäglichen Aufgaben und sportlichen Betätigungen der Patienten führt, definiert. Symptomatische Beschwerden einer Patella alta beruhen auf einer vermehrten Patellainstabilität durch verminderte funktionelle und strukturelle Führung. Diese Beschwerden werden häufig als ein patellofemorales Schmerzsyndrom (PFSS) zusammengefasst. Die Ursachen eines PFSS sind weitreichend und detailliert untersucht und erforscht, dennoch gibt es kaum universelle Behandlungen zur Verbesserung bzw. Prävention der Beschwerden (Powers, Ward et al. 2003, Dixit, Difiori et al. 2007, Waryasz, McDermott et al. 2008).

Da Patellafrakturen vor allem zwischen dem 20. und 50. Lebensjahr auftreten (Boström 1972) gab diese Altersverteilung den Ausschlag die sportliche Belastbarkeit nach Patellafraktur detailliert nachzuuntersuchen.

- 3) Somit wurde für den zweiten Teil der vorgelegten Arbeit als Hauptziel eine retrospektive Datenanalyse zu der Frage, wann die Patienten nach operativ therapierter Patellafraktur zu ihren sportlichen Aktivitäten („Back to Sport“) zurückkehren, formuliert. Besondere Schwerpunkte wurden hierbei auf eine Untersuchung des Zeitpunkts der Wiederaufnahme sportlicher Aktivitäten, dem wieder erreichten sportlichen Niveau (Verbesserung/Verschlechterung) sowie auf Zusammenhänge mit bestimmten Sportarten gelegt.

## 2. Material und Methoden

### 2.1 Patienten

Patienten, die im Zeitraum zwischen 2003 und 2016 in der Klinik und Poliklinik für Unfallchirurgie der Technischen Universität München, Klinikum Rechts der Isar, bei Vorliegen einer Patellafraktur behandelt wurden, wurden in die vorgelegte Dissertationsstudie eingeschlossen. Diese Patienten wurden aus der klinikeigenen Dokumentation (Datenarchiv) anhand der „internationalen statistischen Klassifikation“ (ICD) herausgefiltert und in eine Datenliste übertragen. Die Einschlusskriterien wurden folgenderweise festgelegt:

- Patientenalter > 18 Jahre
- Ausreichende Deutschkenntnisse
- Behandlung einer Patellafraktur in domo
- Digitale Patientendokumentation

Das Studienprotokoll wurde von der Ethikkommission der Technischen Universität München genehmigt (Ethikantrag 409/15s).

Den so ermittelten Patienten wurde per Post ein Informationsschreiben zu der vorgelegten Dissertationsstudie zugesandt. In diesem Schreiben waren auch eine Einverständniserklärung zur Teilnahme an der Studie, der „Munich Knee Questionnaire“ und ein Fragebogen zur sportlichen Aktivität enthalten. Vor Entsendung wurden die Patientendaten auf den Fragebögen anonymisiert, diese waren nur anhand eines Zuweisungsdokumentes erkennbar. Die gewonnen Patientendaten wurden in einer Excel-Datenbank zusammengefasst und hinsichtlich der zu untersuchenden Parameter komplettiert.

### 2.2 Munich Knee Questionnaire (MKQ)

Der „Munich Knee Questionnaire“ ist ein Selbstbewertungsfragebogen für Patienten nach operativer bzw. konservativer Behandlung einer Knieverletzung. In diesem Fragebogen wird das klinische Outcome untersucht (Beirer, Fiedler et al. 2015). Vorteil dieses Selbstbewertungsfragebogens ist der geringere logistische Aufwand für den Patienten und für den Arzt als Untersucher. So kann eine qualitätsgesicherte und Patienten - orientierte spezifische Nachuntersuchung unkompliziert und unter Minimierung des zeitlichen Aufwands



durch die Beantwortung des Fragebogens erfolgen. In der Ergebnisforschung von Kniegelenksverletzungen existieren eine Vielzahl von Bewertungsfragebögen, jedoch ist ein universeller Fragebogen nur schwer zu finden. Speziell in dieser Studie haben wir den Vorteil eines Selbstbewertungsfragebogens, des MKQ, insbesondere in dem langen Beobachtungsintervall und der sich damit ändernden Patientenstammdaten gesehen.

Die Methodik des Selbstbewertungsfragebogens beruht auf der Validierung eines Fragebogens durch weitere – bereits etablierte – Fragebögen. Aufgrund der Validierung des Fragebogens ist eine qualitätssichere Beurteilung nach eigenständigem Ausfüllen durch den Patienten selbst – ohne Anwesenheit des Untersuchers zu vertrauen. Der MKQ wurde auf der Basis, der im klinischen Alltag bestehenden Kniegelenk – Bewertungssystemen validiert. Der MKQ vereint fünf etablierte Bewertungssysteme zur Nachtuntersuchung von Kniegelenksverletzungen in einem Fragebogen.

Der MKQ ermöglicht allgemein eine subjektive und objektive patientenbasierte Beurteilung der posttherapeutischen Beschwerden.

Hierfür wurden der Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS), der subjektive Teil des International Knee Documentation Committee (IKDC), das Western Ontario Meniscal Evaluation Tool (WOMET), der Lysholm Score und der Aktivitätsscore nach Tegner als die meist verwendeten und etablierten Bewertungssysteme der Kniegelenksfunktion herangezogen (Lysholm, Gillquist et al. 1982, Tegner, Lysholm et al. 1985, Irrgang, Anderson et al. 2001, Roos, Toksvig-Larsen et al. 2003, Kirkley, Griffin et al. 2007) (Tegner, Lysholm et al. 1985).

Der MKQ setzt sich aus 33 Fragen zusammen, die in insgesamt sechs Untergruppen aufgeteilt sind (siehe Anhang). Die subjektiven Parameter Schmerz und Symptome, sowie die Funktion bzw. Beeinflussung der Lebensqualität und die Belastbarkeit in der Freizeit wurden aus den Bewertungssystemen KOOS und IKDC reproduziert. Der Lysholm Score und WOMET beurteilt grundsätzlich die Knieinnenstabilität und Funktion nach Verletzung, diese Anteile sind entsprechend im MKQ zur Funktionsbewertung und Bewertung der Lebensqualität repräsentiert. Das sportliche Aktivitätslevel wurde anhand des Tegner Aktivitätsscore mit entsprechender Aufnahme in den MKQ beurteilt. Der MKQ ermöglicht dem Nachuntersucher die Anwendung eines Fragebogens zur Beurteilung der individuellen Beschwerden in Freizeit und beruflicher Tätigkeit sowie der Lebensqualität. Die von Beirer et al. 2015 durchgeführte Studie konnte aufweisen, dass der MKQ als ein patienten- und diagnoseunabhängiges Bewertungssystem für die Evaluation der Kniegelenksfunktion verwendet werden kann (Beirer, Fiedler et al. 2015). Grundsätzlich kann jeder der oben genannten einzelnen Scores anhand der zugehörigen Fragen durch anteilige

Rückberechnung aus dem Gesamtwert des MKQ bestimmt werden. So kann zum Beispiel der Gesamt KOOS berechnet werden und als Vergleich zu Werten der gängigen Literatur herangezogen werden. Die jeweiligen Subgruppen wie zum Beispiel Symptome, Schmerz, Steifigkeit, Aktivität im alltäglichen Leben, Freizeit und Sport und die Beeinflussung der Lebensqualität können ebenfalls berechnet werden, da die Originalfragen repräsentativ im MKQ miterfasst sind. Dieses Vorgehen ist mit den verwendeten Scores allgemein möglich. Beirer et al. zeigten in ihrer Studie, dass die Koeffizienten der verwendeten Tests mit dem MKQ stark korrelieren (Beirer, Fiedler et al. 2015).

## 2.3 Fragebogen zur sportlichen Aktivität

Der Fragebogen „Sport nach Versorgung einer Kniescheibenfraktur“ befasst sich mit der allgemeinen Sportfähigkeit des Patienten vor und nach der Operation, sowie der aktuellen Beschwerden bei sportlicher Betätigung und sammelt detailliert Informationen über die Art des Sports und Häufigkeit der Betätigung. Der Fragebogen wurde selbstständig an der Klinik für Unfallchirurgie des Klinikum Rechts der Isar der Technischen Universität entwickelt zur detaillierten Befunderhebung der sportlichen Aktivität. Dieser besteht aus insgesamt 16 Fragen, die in drei Untergruppen zusammengefasst werden (siehe Anhang).

Der erste Teil beinhaltet eine deskriptive Beschreibung von Größe und Gewicht des Patienten, aus dessen Werten der aktuelle Bodymassindex (BMI) anhand der Division des Körpergewichts durch die Körpergröße im Quadrat ( $\text{Körpergewicht}/\text{Körpergröße}^2$ ) berechnet wurde.

Der zweite Teil befasst sich mit der Wiederaufnahme der beruflichen Tätigkeit und der allgemeinen Zufriedenheit nach der Operation.

Der dritte Teil umfasst Fragen zu Rückkehr zu sportlichen Aktivitäten, zur sportlichen Leistungsfähigkeit und zu dem Verlauf bis zu Wiederaufnahme der sportlichen Betätigung, Zudem wird die Zufriedenheit der sportlichen Belastung und die Zeit bis zum Erreichen des ehemaligen sportlichen Niveaus abgefragt.

Außerdem konnte anhand des Fragebogens eine prozentuale Verteilung der durchgeführten Sportarten und Häufigkeit der sportlichen Belastung evaluiert werden. Hier wurde insbesondere nach einer normalen sportlichen Belastung eines „Hobbysportlers“ bis zu einem „Profisportler“ gefragt.

## 2.4 Evaluation der Patellahöhe

Zur Evaluation der Patellahöhe wurde der Insall - Salvati Score verwendet. Dieser gibt das Verhältnis der Länge der Patellasehne zur Länge der knöchernen Patella wieder. Die entsprechenden Referenzpunkte werden auf einem lateralen Röntgenbild des Kniegelenkes ausgewählt. Hierbei ist eine Aufnahme in 30° Flexion des Kniegelenks nicht zwingend notwendig. Das Abstandsverhältnis der Tibia zur Patella bestimmt die Patellahöhe. Der tibiale Abstand (A) vom Ansatzpunkt der Patellasehne an der proximalen Tuberositas Tibiae bis zum knöchernen Unterrand der Patella wird durch die Patellagröße (B) dividiert. Die Patellagröße (B) bzw. der Längsdurchmesser der gesamten Patella wird vermessen. Diese beiden Abstände (A) und (B) werden dividiert (siehe Abbildung 11). Das Ergebnis dieses Verhältnisses bestimmt je nach Ausmaß die Patellahöhe. Ein Wert < 0,8 wird als Patella baja bzw. infera (Patellatiefstand) bezeichnet, ein Verhältnis > 1,2 wird somit als Patella alta (Patellahochstand) gewertet. Als normaler Patellastand werden Werte zwischen 0,8 und 1,2 angesehen. Bei der Vermessung ist darauf zu achten, dass degenerative Prozesse (z.B.: Osteophyten, Enthesiopathien der Patellasehne) berücksichtigt und die Referenzpunkte entsprechend angepasst gewählt werden. Die entsprechende Formel zur Berechnung des Insall - Salvati Score lautet wie folgt:

$$\text{Insall – Salvati Score} = \frac{\text{Tuberositas Tibiae – distaler Patellapol (A)}}{\text{Patellalänge (B)}}$$

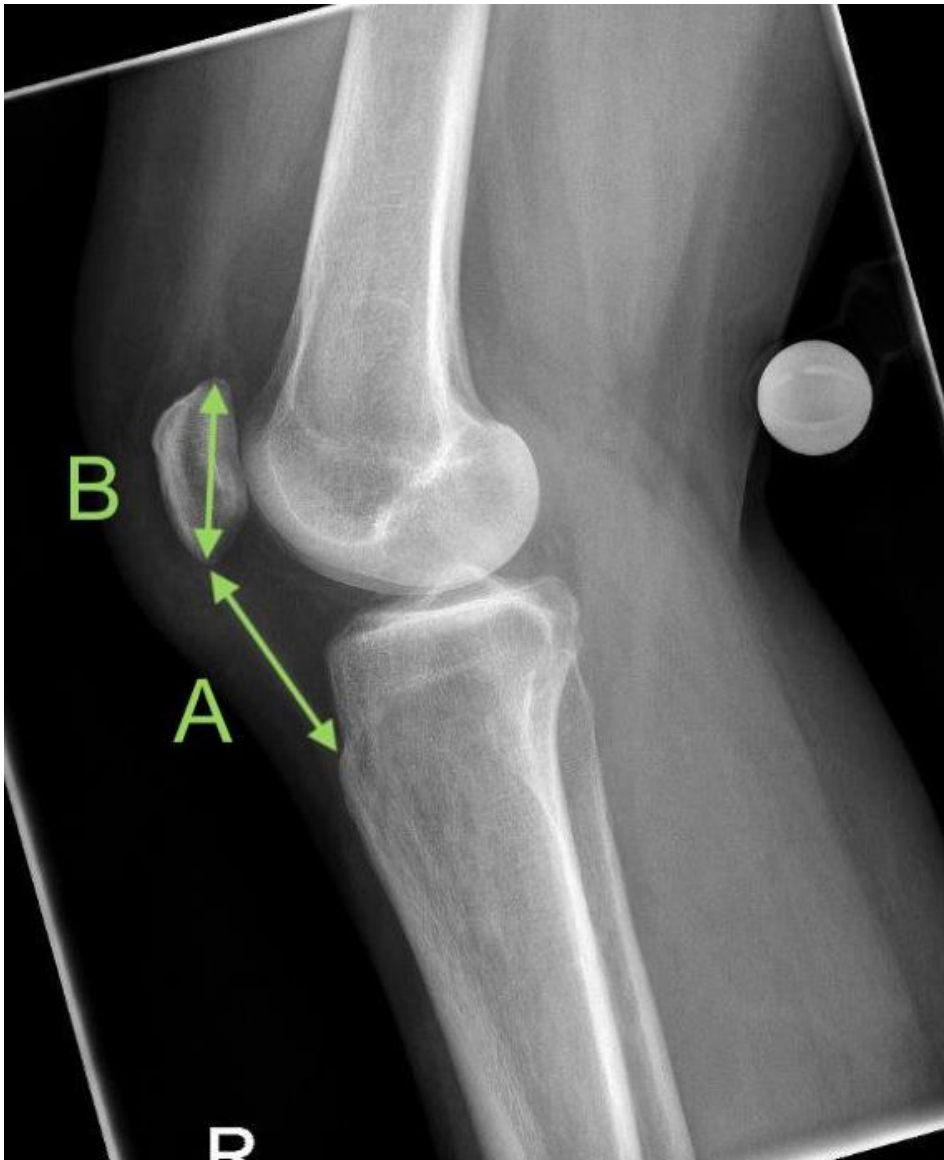


Abbildung 11: Schematische Darstellung des Messbereichs zur Erhebung des Insall-Salvati Scores (A/B) anhand einer lateralen Kniegelenksaufnahme. Die Referenzpunkte der Distanz A werden im Bereich des distalen Ansatzpunktes der Patellasehne an der tibialen Tuberositas und des proximalen Ansatzes im Bereich des distalen Patellapols markiert. Die Referenzpunkte der Distanz B werden entsprechend der Patellalänge gewählt.

## 2.5 Auswertung und Beurteilung der Daten

Die Auswertung der Daten erfolgte anhand einer tabellarischen Aufgliederung (Excel, Microsoft Windows). Für die statistische Beurteilung wurde ein kommerziell erwerbbares Programm (Graphpad Prism 8, San Diego, CA 92108, USA) verwendet. Als statistische Tests kamen der Mann Whitney U Test, Kruskal Wallis Test und einer linearen Regressionsanalyse zur Anwendung. Der Mann Whitney U Test wurde als nicht parametrischer Test bei zwei unabhängigen Gruppen verwendet. Bei der Untersuchung mehrerer unabhängiger nicht parametrischer Gruppen wurde der Kruskal Wallis Test durchgeführt. Das Signifikanzniveau wurde bei  $p < 0,05$  festgesetzt.

## 3. Ergebnisse

### 3.1 Patientenkollektiv

#### 3.1.1 Patientendaten

In der Datenbank des universitären Level I Traumazentrums des Klinikums Rechts der Isar wurden zwischen 2003 und 2016 375 Patienten mit Patellafrakturen, die sowohl konservativ als auch operativ behandelt wurden, identifiziert. Diesen 375 Patienten wurde per Post ein Informationsschreiben, eine Einverständniserklärung zur vorgelegten Dissertationsstudie sowie der Munich Knee Questionnaire und ein Fragebogen zur sportlichen Aktivität zugesandt. Vier Monate nach der initialen Zusendung der Studienunterlagen lag die Rücklaufquote bei 0%. Daher wurden zu diesem Zeitpunkt die Studienunterlagen erneut an die 375 initial ermittelten Patienten versandt. Es kamen von 111 Patienten Fragebögen, einer Antwortrate von 29,6% entsprechend, zurück. Hiervon konnten 13 Fragebögen (MKQ) und 17 Fragebögen (sportliche Aktivität) aufgrund fehlender Werte nicht eingeschlossen werden.

Bei 75 Patienten war die Wohnadresse falsch und 184 Patienten gaben keine Antwort. Fünf Patienten waren verstorben. Es ergaben sich somit 98 verwertbare Fragebögen des MKQ, die von 64 Frauen und 34 Männern mit einem Durchschnittsalter von  $59,7 \pm 26,6$  Jahren stammten. Es konnten 94 Fragebögen zur sportlichen Aktivität eingeschlossen werden. Die gesamte Nachbeobachtungszeit betrug im Durchschnitt  $39,4 \pm 33$  Monate nach Therapie.

#### 3.1.2 Frakturverteilung

Die Frakturen der eingeschlossenen Patienten konnten nach der AO-Klassifikation in 15,4% Typ B und 84,6% Typ C Frakturen unterteilt werden (siehe Diagramm 1). Eine operative Versorgung erfolgte bei 78,6% der Patienten. Im Detail wurden hier 40 K – Draht Osteosynthese/Zuggurtung (40,8%), 17 Schraubenosteosynthesen (17,3%), 9 K – Draht Osteosynthesen mit Schraubenfixierung (9,2%) und 11 winkelstabile Plattenosteosynthesen (11,2%) (Starplate™, Arthrex, München, Deutschland) (siehe Diagramm 2) durchgeführt. Aufgrund einer symptomatischen Implantatlage erhielten 37 Patienten eine elektive Implantatentfernung. Tabelle 1 bildet die Zusammenfassung der absoluten Verteilung der Frakturen nach Frakturmorphologie und OP-Versorgungsmodalität ab.

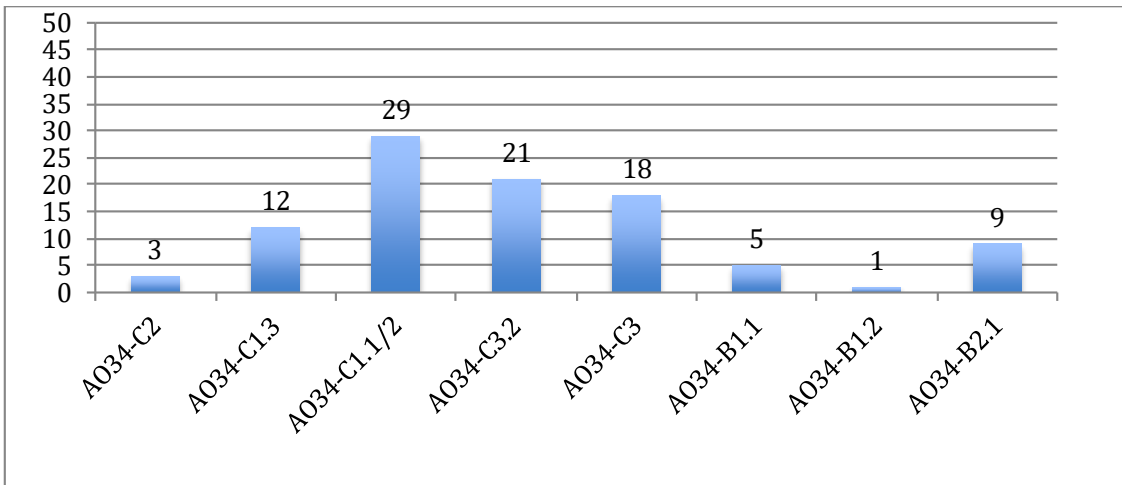


Diagramm 1: Verteilungsmuster der Frakturmorphologie nach AO - Klassifikation.

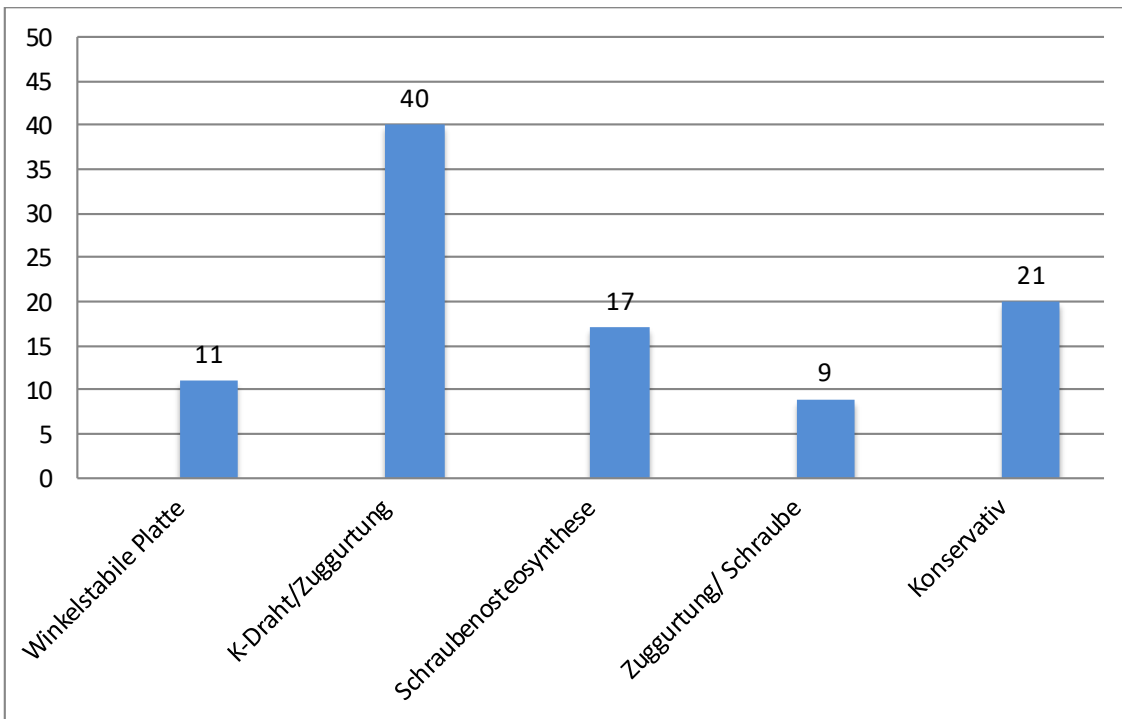


Diagramm 2: Verteilung der operativen Versorgungsmodalitäten.



	Plattenosteosynthese	K – Draht Osteosynthese	Schraubenosteosynthese	K – Draht Osteosynthese + Schraubenosteosynthese	Konservative Therapie
Patientenanzahl	n=11	n=40	n=17	n=9	n=21
AO.34-B1.1	-	-	2	-	3
AO.34-B1.2	-	-	-	-	1
AO.34-B2.1	-	1	4	-	4
AO.34-C1.1/2	1	17	4	2	5
AO.34-C1.3	-	5	2	-	5
AO.34-C2	-	2	1	-	-
AO.34-C3	2	8	3	3	2
AO.34-C3.1	-	-	-	-	-
AO.34-C3.2	8	7	1	4	1

Tabelle 1: Auflistung der Operationsmodalität und OP-Anzahl im Verhältnis zur Frakturklassifikation nach AO.

### 3.1.3 Allgemeine Ergebnisse des MKQ

Das funktionelle Outcome ergab einen Mittelwert von  $66\% \pm 18,1$  im MKQ. Im Einzelnen ergab sich bei Patienten mit AO34 -B Fraktur ein MKQ von  $68\% \pm 23,3$  und bei einer AO34 - C Fraktur  $66\% \pm 19,7$  (siehe Diagramm 3). Das funktionelle Outcome zeigte keine signifikanten Unterschiede bei Patienten mit Typ B oder C Frakturen. Patienten mit Querfrakturen wiesen einen Mittelwert von  $69\% \pm 14,9$  auf, die Patienten mit Trümmerfraktur einen Mittelwert von  $61\% \pm 18,9$ . Patienten mit Querfraktur zeigten kein signifikant besseres Ergebnis in ihrem funktionellen Ergebnis als Trümmerfrakturen ( $p=0,05$ ).

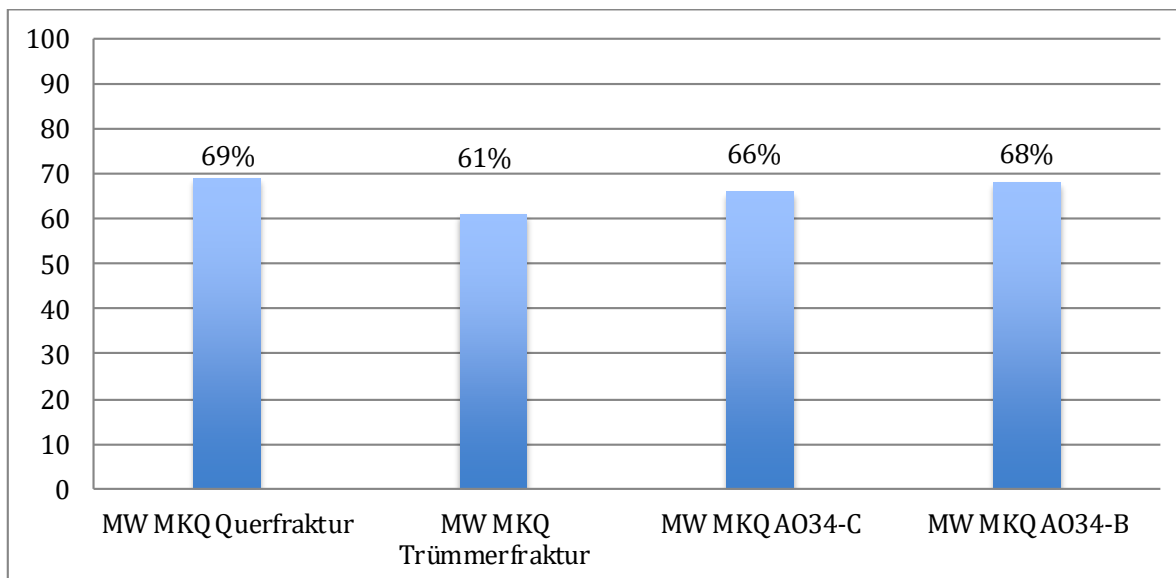


Diagramm 3: Mittelwert (MW) des MKQ (%) unterteilt nach Frakturmorphologie gemäß AO - Klassifikation und Einteilung in Quer- oder Trümmerfraktur.

### 3.1.4 Allgemeine Ergebnisse des Sportfragebogens

Die 375 Patienten mit einer Patellafraktur wurden zusätzlich im Bezug auf das posttraumatische sportliche Outcome anhand eines Fragebogens „Sport nach Versorgung einer Patellafraktur“ (siehe Anhang 6.2) retrospektiv untersucht. Insbesondere wurden die Patienten hiermit zum Wiedereintritt in den Sport, das aktuelle Sportniveau und der Wiederaufnahme der Arbeit, sowie Änderungen in der sportlichen Aktivität posttraumatisch und der subjektiven Zufriedenheit befragt.

Es konnten insgesamt 94 Fragebögen ausgewertet werden. Entsprechend der vorhandenen Angaben im Fragebogen konnte bei 65 Patienten der Bodymassindex (BMI) berechnet werden, der Mittelwert betrug  $23,9 \pm 4,3$ , dieser lag damit überwiegend im normalgewichtigen Indexbereich für beide Geschlechter. Es ergab sich keine signifikante Korrelation zwischen BMI (n=65) und MKQ (n=65) in dieser Studienpopulation ( $r=-0,06$ ;  $p=0,60$ ). Der Trend zeigte allerdings, dass ein erhöhter BMI mit einem geringeren Wert des MKQ einherging (siehe Diagramm 4).

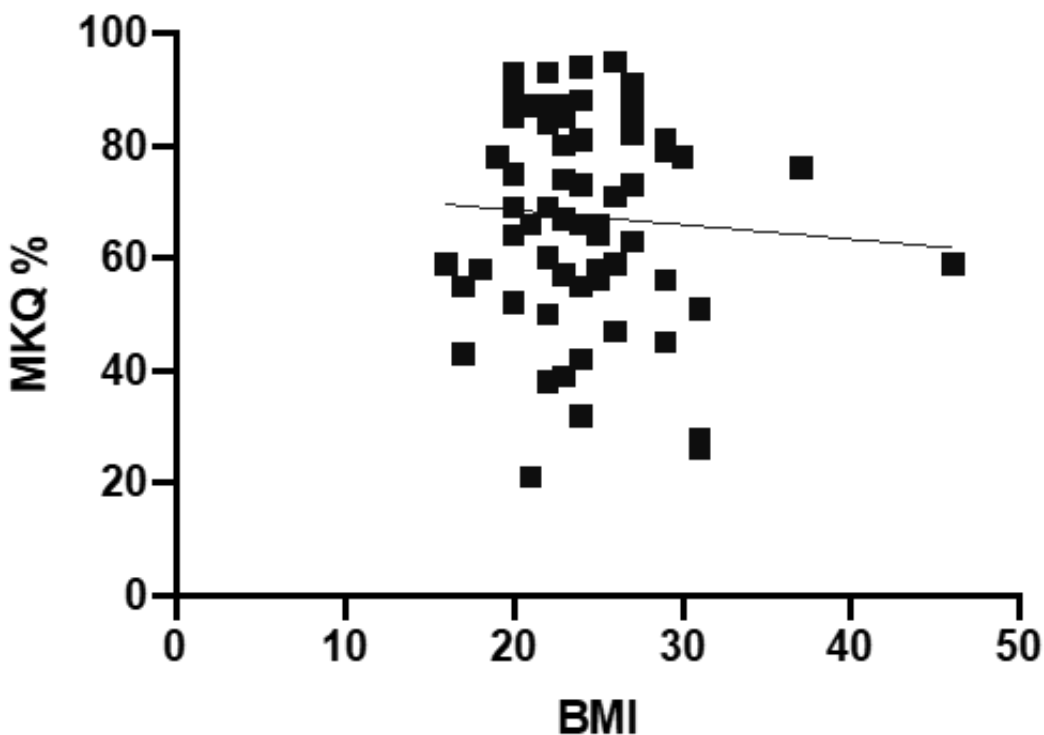


Diagramm 4: Beziehung zwischen BMI (x-Achse) und MKQ (in %, y-Achse).

Insgesamt berichteten 5 von 94 Patienten (5,3%) von vorbestehenden Kniebeschwerden der betroffenen Seite.

Die Patienten wurden anhand des Fragebogens nach ihrer subjektiven Zufriedenheit nach Verletzung befragt mit den Antwortmöglichkeiten „sehr zufrieden“ bis zu „überhaupt nicht zufrieden“. Hierbei gaben 37 „sehr zufrieden“, 34 „zufrieden“, 11 „weder noch“, zwei „weniger“ und zwei „überhaupt nicht“ zufrieden an (siehe Diagramm 5). Bei acht Patienten wurde hier keine Antwort registriert. Die mittlere Zeit bis zum Wiedereintritt in die berufliche Tätigkeit betrug  $4,8 \pm 4,0$  Wochen, wobei hier 47 Patienten keine Angabe machten. Bei mehr als 17 der befragten Patienten bestand eine Arbeitsunfähigkeit von über acht Wochen.

Zum Zeitpunkt des Ausfüllens des Fragebogens gaben 64 Patienten, dass sie Sport betreiben. Die Patienten wurden zu einer eventuell eingeschränkten Sportfähigkeit vor der Verletzung befragt. Hierbei gaben 15 Patienten eine eingeschränkte Sportfähigkeit an. Insgesamt waren 44 Patienten mit der Sportfähigkeit nach Rekonvaleszenz zufrieden. Das postoperative Sportniveau war bei 31 Patienten subjektiv „unverändert“, bei vier Patienten „besser“ und bei insgesamt 29 „schlechter“ als vor der Verletzung. Von den 94 Patienten gaben 30 Patienten an, keinen Sport zu betreiben (siehe Diagramm 6).

Der Beginn einer sportlichen Belastung nach Therapie einer Patellafraktur lag im Mittel bei 6,1 Monaten. Der mittlere VAS-Score ergab 2,9. In weiterer Betrachtung gaben 27,7% der Patienten beim Sport „keine“ Beschwerden an, 31,9% der Patienten „gelegentlich“ und 9,6% Patienten litten „regelmäßig“ unter Beschwerden. Hauptsächlich wurde hier ein diffuser vorderer Knieschmerz beschrieben. Beschwerden bei Hock- und Sprungbewegungen traten bei bis zu 45,7% Patienten „regelmäßig bis gelegentlich“ und bei 20,2% „kaum“ auf. Hierfür wurde von 61,7% der Patienten die Einnahme von Analgetika verneint, nur 6,4% Patienten nahmen „regelmäßig“ Analgetika. Zusätzlich wurde bei 25,5% der Patienten von einer „gelegentlichen bis regelmäßigen“ Schwellneigung des betroffenen Kniegelenkes nach sportlicher Belastung berichtet.

In Gesamtbetrachtung wurde als häufigste Sportart Radfahren (44,7%) gefolgt von Wandern (34%) angegeben, wobei die am wenigsten betriebenen Sportarten Snowboard und Volleyball (<9,4%) waren (siehe Diagramm 7).

Von den 64 Patienten, die eine sportliche Betätigung angegeben hatten, betrieben 83,3% diesen Sport „gelegentlich“, davon 25,8% „mindestens einmal in der Woche“, 40,9% „mindestens 2 - 3 mal wöchentlich“ und 30,3% „mehr als dreimal pro Woche“. Eine sportliche Betätigung auf Vereinsebene gaben 13,6% der Patienten an. In dem untersuchten Patientenkollektiv befand sich kein Profisportler.

## Zufriedenheit nach Verletzung

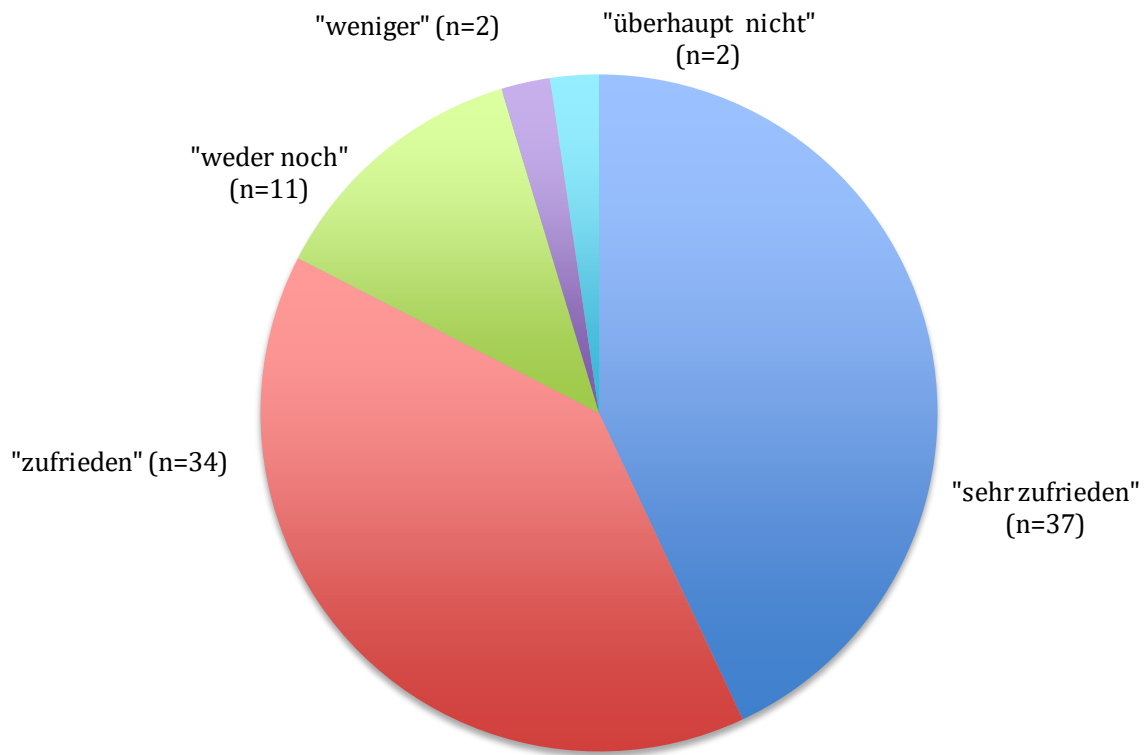


Diagramm 5: Verteilung der Zufriedenheit nach Verletzung einer Patellafraktur.

## Sportniveau nach Verletzung

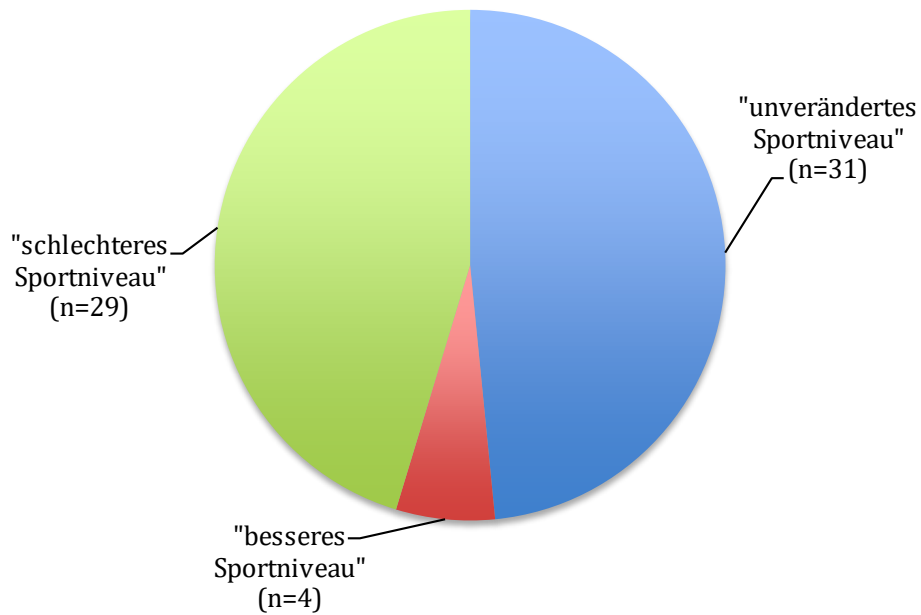


Diagramm 6: Evaluation des Sportniveaus nach Rückkehr zum Sport nach Patellafraktur.



Diagramm 7: Quantitativer Überblick der überwiegend ausgeübten Sportarten.

### 3.1.5 Allgemeine Ergebnisse der Patellahöhe

Die Patellahöhe wurde auf den lateralen Röntgenaufnahmen gemäß der Insall-Salvati Methode gemessen. Die Röntgenaufnahmen wurden zu einem mittleren „Follow Up“ - Zeitpunkt von  $9,75 \pm 13,51$  Monaten postoperativ am Universitätsklinikum rechts der Isar durchgeführt. Eine Patella alta (Insall-Salvati Index  $> 1,2$ ) wurde bei 20 Patienten (20,4%) gemessen und bei 11 Patienten (11,2%) zeigte sich eine Patella baja (Insall-Salvati Index  $< 0,8$ ). Es konnte kein signifikanter Unterschied ( $p=0,7$ ) im funktionellen Outcome zwischen dem Auftreten einer Patella alta und baja gemessen werden (siehe Diagramm 8).

Bei 67 Patienten (68,4%) ergab sich nach Trauma bzw. Therapie keine veränderte Patellahöhe.

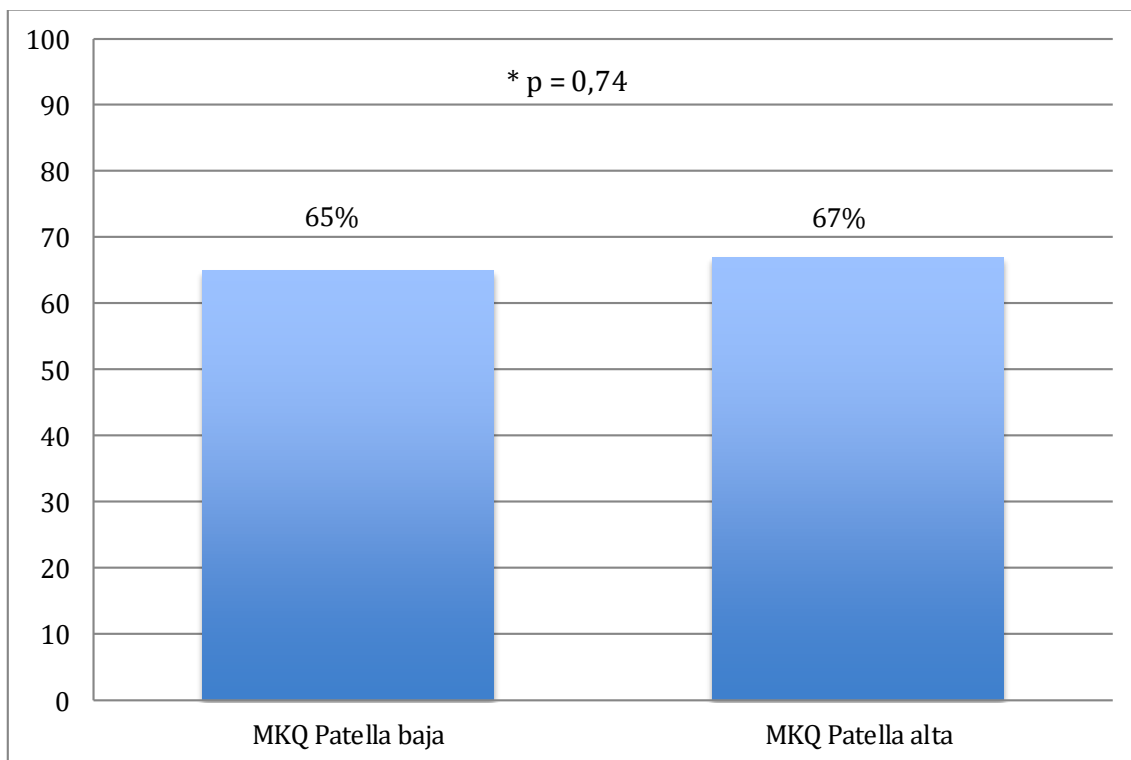


Diagramm 8: Funktioneller Outcome bei Patella baja und Patella alta im Vergleich.

## 3.2 Subgruppenanalyse der Frakturmorphologie

### 3.2.1 Munich Knee Questionnaire - Ergebnisse

Eine Subgruppenanalyse der Frakturen gemäß AO-Klassifikation zeigte, dass die winkelstabile Plattenosteosynthese überwiegend bei AO34 - C3.2 Trümmerfrakturen angewendet wurde (siehe Diagramm 9). Die K – Draht Osteosynthese wies dahingegen eine homogenere Verteilung der Anwendung bei Typ AO34 - C Frakturen (siehe Diagramm 10) auf. Es konnte kein signifikanter Unterschied ( $p=0,99$ ) des MKQ festgestellt werden im Vergleich der K – Draht Osteosynthese bei Frakturen nach AO Klassifikation AO34 - C1.1/2 und AO34 - C3.2 respektive.

Ein detaillierter Vergleich der MKQ Werte der beiden Osteosynthesevarianten (K – Draht Osteosynthese (Z) vs. Platteneosteosynthese (P)) im Verhältnis zur AO-Klassifikation bzw. Frakturschwere ergab keinen signifikanten Unterschied ( $p=0,56$ ) (siehe Diagramm 11).

Die isolierte Schraubenosteosynthese wurde bei Typ AO34 - B Frakturen verwendet (Diagramm 12). Ein signifikanter Unterschied ( $p=0,51$ ) zeigte sich nicht im MKQ zwischen der Frakturschwere AO34 - B bis C und Versorgung mittels Schraubenosteosynthese.

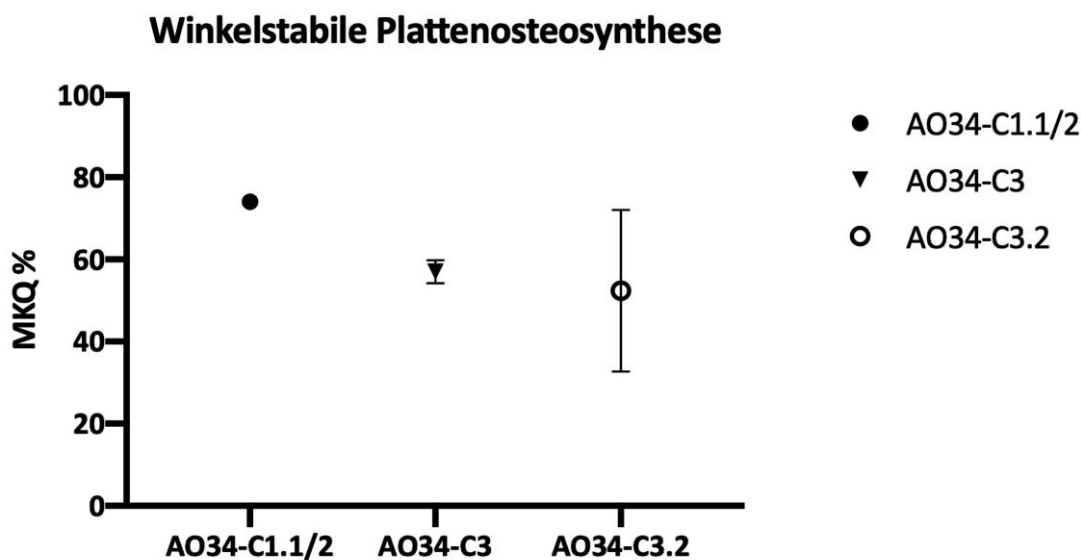


Diagramm 9: Verteilung der Frakturen nach AO - Klassifikation. Überwiegend Typ AO34 - C3.2 Frakturen wurden mittels Plattenosteosynthese (vertikales Verteilungsmuster der MKQ Werte) versorgt. Die Y-Achse beschreibt den MKQ - % - Wert.



### K-Draht Zuggurtung

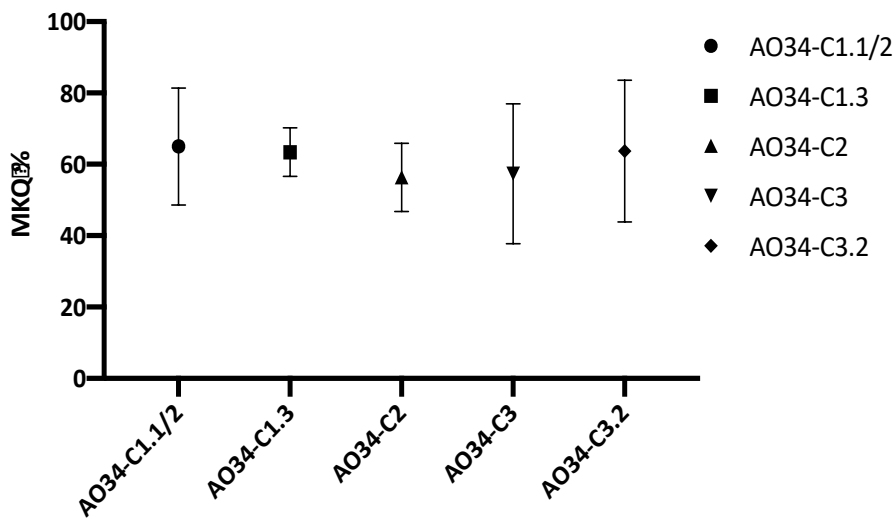


Diagramm 10: Verteilung der Frakturen nach AO - Klassifikation mit K – Draht Osteosynthese (vertikales Verteilungsmuster der MKQ Werte).

### K-Draht Zuggurtung (Z) vs. Plattenosteosynthese (P)

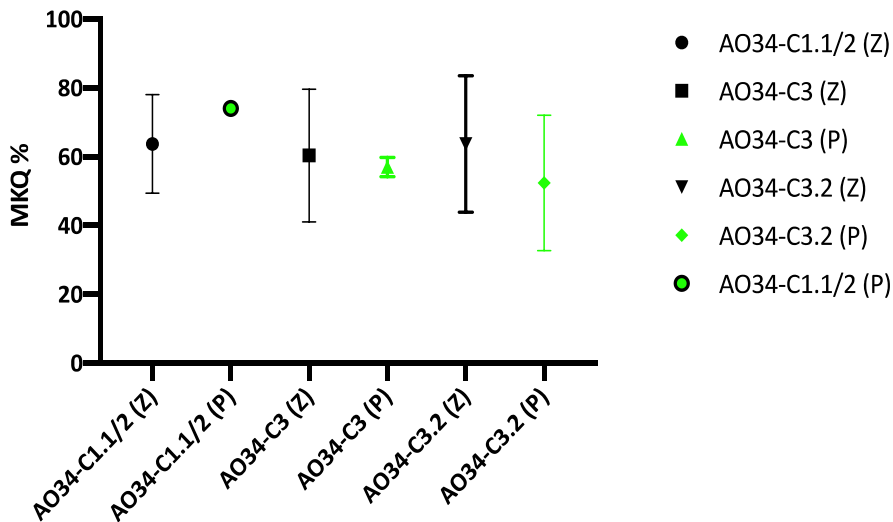


Diagramm 11: Frakturverteilung nach AO - Klassifikation und Versorgung jeweils mittels K – Draht Osteosynthese (Z) oder Plattenosteosynthese (P) (vertikales Verteilungsmuster der MKQ Werte).

## Schraubenosteosynthese

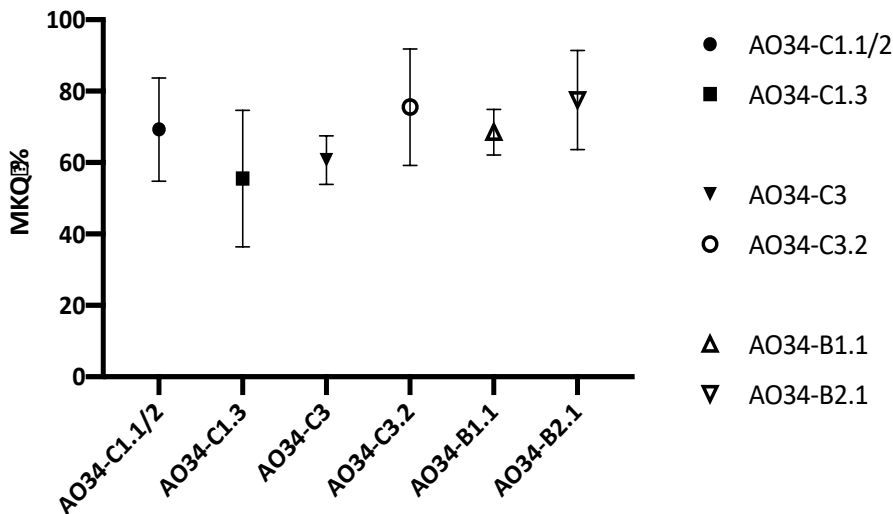


Diagramm 12: Verteilung der Frakturen nach AO - Klassifikation mit Versorgung durch Schraubenosteosynthese.

### 3.2.2 Sportfragebogen - Ergebnisse

Die Bewertung der „Zufriedenheit nach Behandlung“ und das „Erreichen des sportlichen Niveaus“ wurde in Bezug auf die Frakturschwere im Detail untersucht. In der Einteilung nach AO sind bei Typ B Frakturen (n=6) 50% der Patienten „sehr zufrieden“ mit der Behandlung und 50% „zufrieden“. Das sportliche Niveau hat sich bei 83,3% der Patienten nach der Operation nicht verändert. Bei der Gruppe der Typ C.1 Frakturen (n=20) waren 25% „sehr zufrieden“, 50% „zufrieden“ und 20% „weniger bis nicht zufrieden“. Ein Patient enthielt sich der Aussage. Das sportliche Niveau hat sich bei 35% der Patienten nicht verändert, bei 20% ergab sich eine Verschlechterung und bei 15% eine Verbesserung. Insgesamt waren 30% der Patienten nicht sportlich aktiv weder vor noch nach Versorgung der Patellafraktur.

In der Untergruppe der Typ C.2 Frakturen (n=4) waren 25% „sehr zufrieden“ und 75% „zufrieden“ mit der posttraumatischen Sportfähigkeit. Die Hälfte der Patienten gab an, dass sich ihr sportliches Niveau nicht verändert hat. Die Gruppe der Typ C.3 Frakturen (n=24) gab eine Unterteilung nach Behandlung in 33,3% „sehr zufrieden“, 50% „zufrieden“ und 16,6% „weniger bis nicht zufrieden“ an. Ein unverändertes sportliches Niveau erreichten 20,8% der Patienten, 58,3% gaben ein schlechtes Niveau an und 16,6% betrieben keinen Sport. Ein Patient machte keine Angabe.

### 3.2.3 Patellahöhe - Ergebnisse

Die Subgruppenanalyse der Patella baja (n=11) wies eine Verteilung in 36,4% Typ C1-, 9,1% Typ C2 - und 54,5% Typ C3 - Frakturen auf (siehe Diagramm 13).

Bei der Patella alta (n=20) zeigte sich eine Verteilung in 45% Typ C1 -, 5% Typ C2 - und 25% Typ C3 - Frakturen (siehe Diagramm 14). Ein signifikanter Unterschied der MKQ Werte in Bezug zur Frakturschwere konnte in beiden Untergruppen nicht nachgewiesen werden.

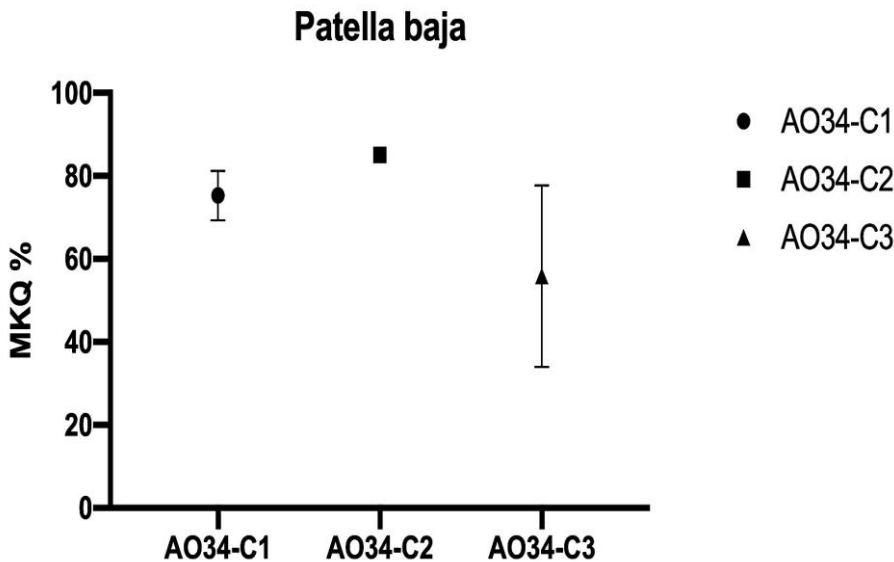


Diagramm 13: Verteilung der MKQ - Funktionswerte in Bezug zur Frakturschwere nach AO - Klassifikation bei nachgewiesener Patella baja (Insall - Salvati Index).

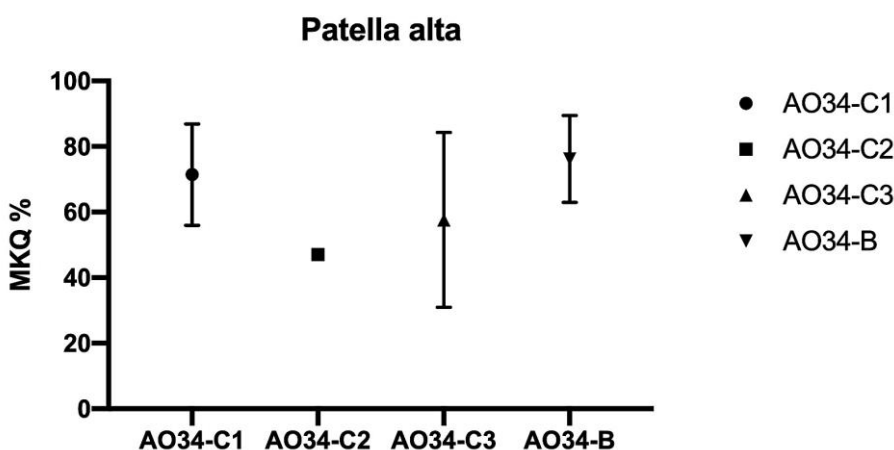


Diagramm 14: Verteilung der MKQ - Funktionswerte in Bezug zur Frakturschwere nach AO - Klassifikation bei nachgewiesener Patella alta (Insall - Salvati Index).

### 3.3 Subgruppenanalyse der Versorgungsmodalität

Eine operative Versorgung erfolgte bei 78,5% der Patienten. Die operative Versorgung setzte sich zusammen aus 40 Fällen einer K – Draht Osteosynthese (40,8%), 17 Schraubenosteosynthesen (17,3%), 9 K – Draht Osteosynthesen mit Schraubenfixierung (9,2%) und 11 winkelstabilen Plattenosteosynthesen (11,2%) (Starplate™, Arthrex, München, Deutschland).

#### 3.3.1 MKQ - Ergebnisse

Bei den unterschiedlich angewandten Osteosynthesen ergab der MKQ im Outcome bei der K – Draht Osteosynthese einen Mittelwert von  $63\% \pm 16,6$ , bei der Schraubenosteosynthese  $69\% \pm 12,9$ , bei K – Draht Osteosynthese plus Schraubenfixierung  $68\% \pm 17,8$  und bei winkelstabiler Plattenosteosynthese einen Mittelwert von  $56\% \pm 16,9$ . Die winkelstabile Plattenosteosynthese zeigt keinen signifikanten Unterschied im funktionellen Outcome im Vergleich zur K – Draht Osteosynthese ( $p=0,56$ ) bei AO34 - C1.1/2 bis C3.2 Frakturen. Es bestand ebenfalls kein signifikanter Unterschied im Vergleich der K – Draht Osteosynthese und der isolierten Schraubenosteosynthese ( $p=0,23$ ). Es wurden 21,4% der evaluierten Patienten konservativ ohne chirurgischen Eingriff behandelt. Der durchschnittliche MKQ-Score betrug  $72\% \pm 21,3$  (siehe Diagramm 15).

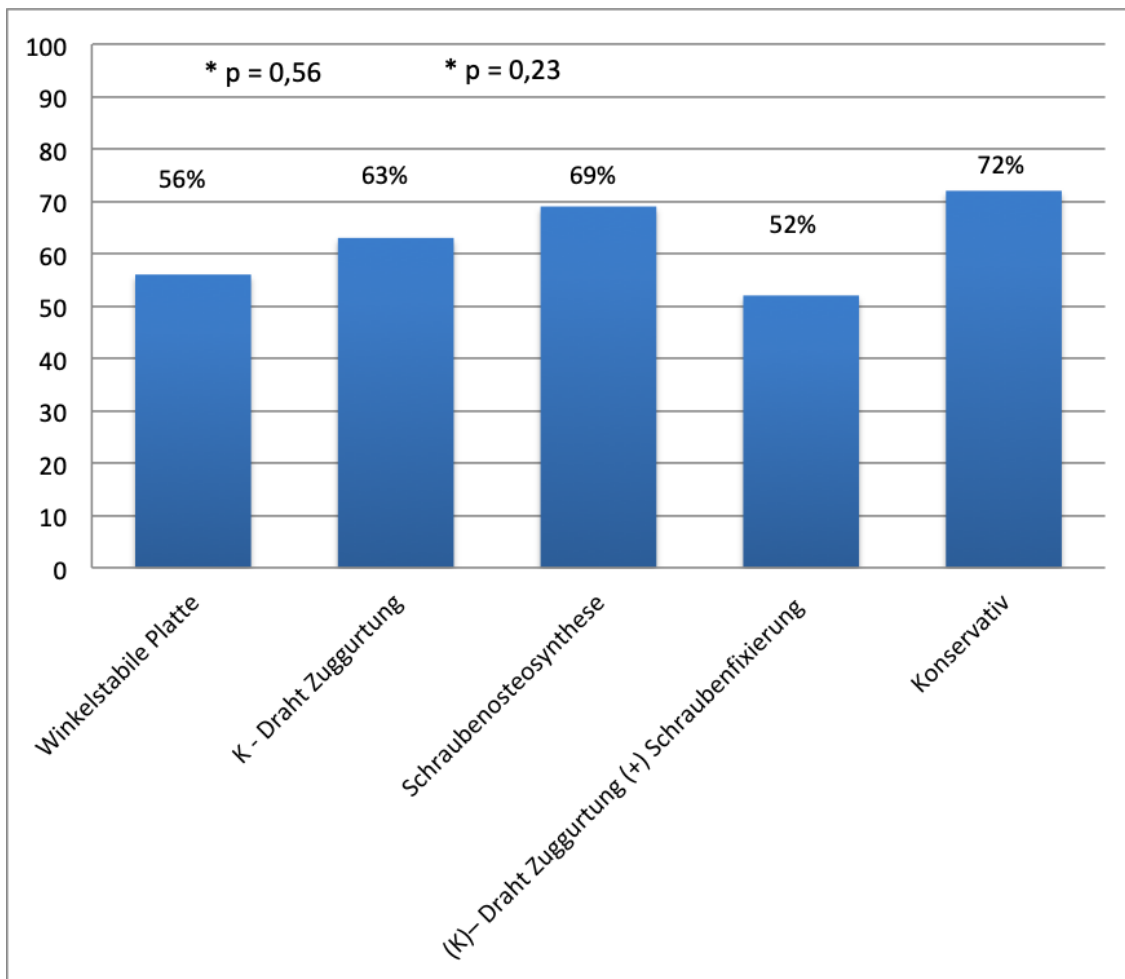


Diagramm 15: MKQ - Mittelwerte (%) der verschiedenen angewandten Versorgungsmodalitäten.

### 3.3.2 Sportfragebogen - Ergebnisse

In einer genaueren Analyse wurden die Ergebnisse des Sportfragebogens insbesondere auf die „Zufriedenheit nach Behandlung“ und das „Erreichen des sportlichen Niveaus“ nach Versorgung mit einer Plattenosteosynthese und einer K – Draht Osteosynthese untersucht. Innerhalb der Untergruppe „Versorgung mit Plattenosteosynthese“ (18,5%) des gesamten Patientenkollektivs zeigten sich 70% (n=7) nach der Operation „zufrieden“ mit dem Behandlungsergebnis. Das sportliche Niveau gaben 70% (n=7) mit „schlechter“ als zuvor an, wobei hier 20% (n=2) keinen Sport betrieben und 10% (n=1) keine Veränderung im Vergleich zu vor der Behandlung angaben. In der Untergruppe K – Draht Osteosynthese (40,7%) gaben 31,8% (n=7) ein „sehr zufriedenes“ und 31,8% (n=7) ein „zufriedenes“ Ergebnis an. In dieser Untergruppe waren 22,7% (n=5) auf einem schlechteren sportlichen Niveau, 36,3% (n=8) auf einem unveränderten sportlichen Niveau nach der Behandlung und 40,9% gaben an keinen Sport zu betreiben.

### 3.3.3 Patellahöhe - Ergebnisse

In der Untergruppe mit Patella alta (n=20) wurden 40% der Patienten mit einer K – Draht Osteosynthese behandelt, 20% durch eine Schraubenosteosynthese, 15% mittels K – Draht Osteosynthese und Schraubenfixierung (siehe Diagramm 16). In der Patientengruppe mit nachgewiesener Patella baja (n=11) zeigte sich eine Aufteilung in 27,3% K – Draht Osteosynthesen, 27,3% in K – Draht Osteosynthese und Schraubenfixierung, 27,3% Plattenosteosynthesen und 18,1% Schraubenosteosynthesen (siehe Diagramm 17). Ein signifikanter Unterschied der Funktionswerte im MKQ ergab sich in der Patella alta - Subgruppe zwischen einer Versorgung mittels K – Draht und isolierter Schraubenosteosynthese ( $p=0,028$ ).

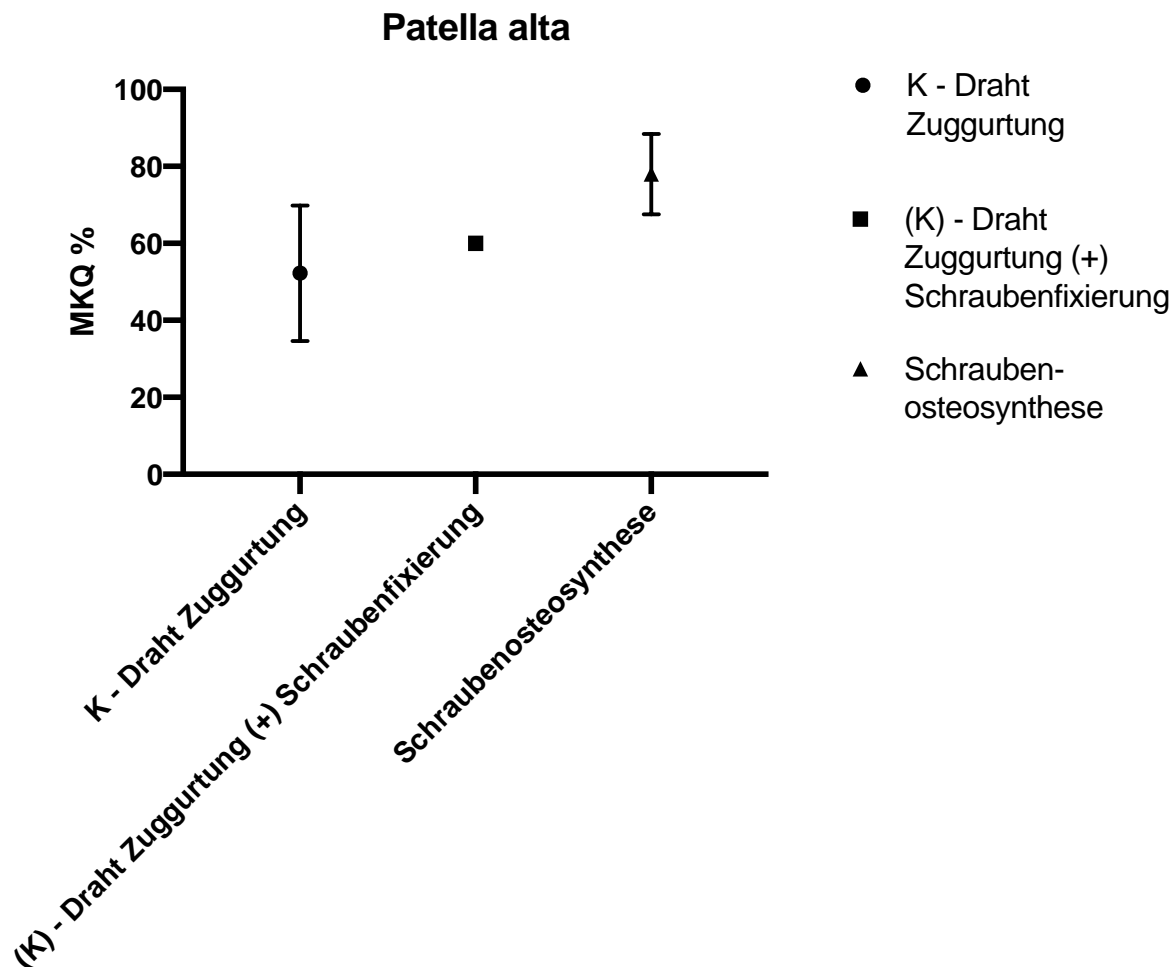


Diagramm 16: Verteilung der MKQ - Funktionswerte nach Versorgungsmodalität bei nachgewiesener Patella alta.

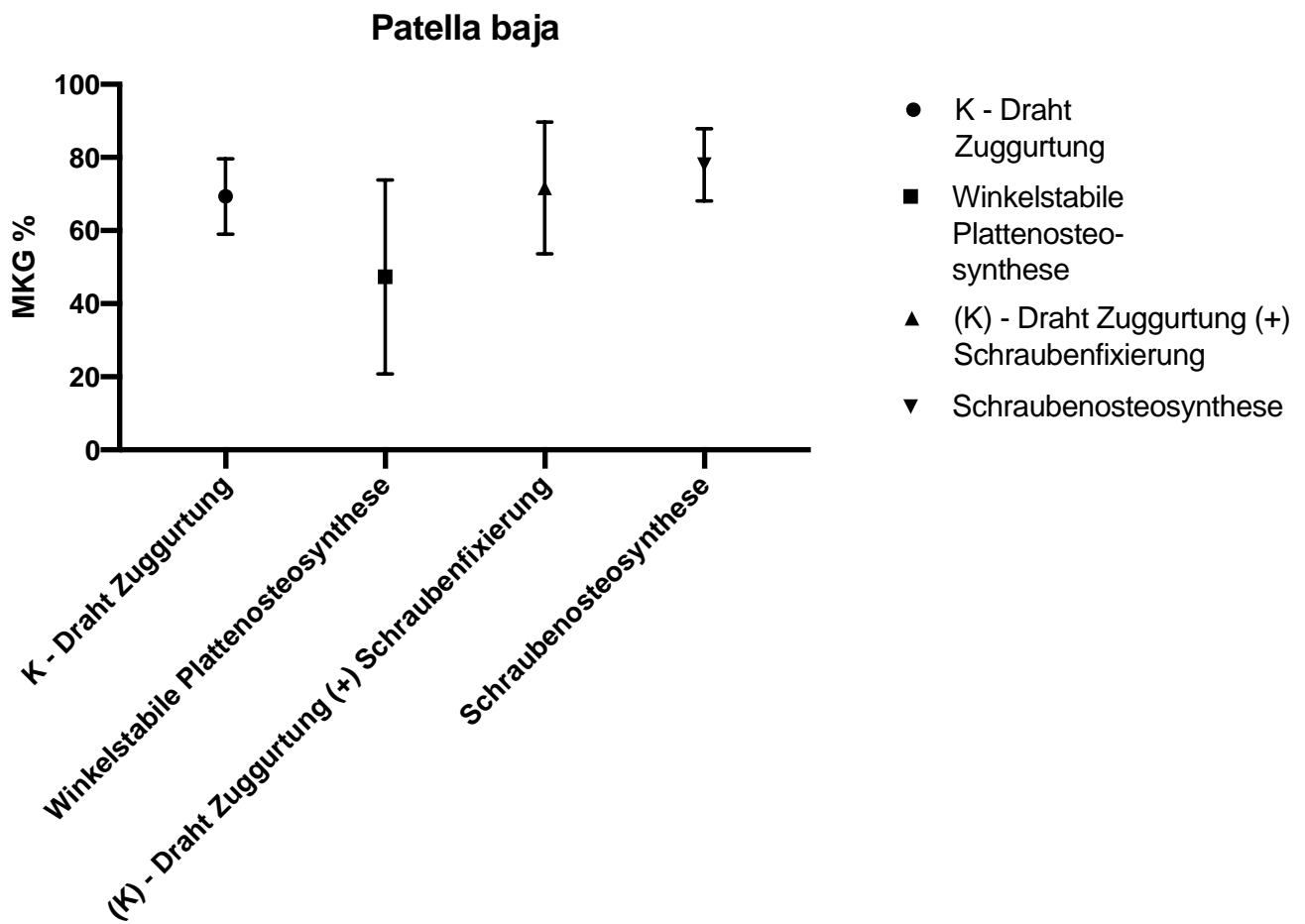


Diagramm 17: Verteilung der MKQ - Funktionswerte nach Versorgungsmodalität mit nachgewiesener Patella baja.

## 4. Diskussion

Insgesamt stellt die Patellafraktur im Vergleich zu Frakturen des menschlichen Skelettes mit einer Inzidenz von ca. 0,5 – 1% eine relativ seltene Entität dar (Amis, Firer et al. (2003)). Die Patella selbst ist das größte Sesambein des Körpers und spielt eine wichtige Rolle bei der Funktion des Kniegelenkes. Aufgrund Ihrer anatomischen Lage und wichtigen Rolle für die Funktionalität des Kniegelenkes führen Patellafrakturen trotz der geringen Inzidenz häufig zu einer eingeschränkten Bewegungsfunktion, Kraftminderung bei Kniegelenksstreckung oder verminderter Sportfähigkeit trotz optimaler operativer Versorgung mit Wiederherstellung der Gelenkkongruenz und des Streckapparates (Amis, Firer et al. 2003). Nach operativer Versorgung der Patellafraktur beschreiben bis zu ein Drittel der Patienten funktionelle Beschwerden (Boström 1972, Hung, Chan et al. 1985, Levack, Flannagan et al. 1985, Mehdi, Husson et al. 1999). Die Durchsicht der aktuellen Literatur ergab eine sehr geringe Anzahl an Studien hinsichtlich einer Analyse des funktionellen Outcomes nach Patellafraktur. Zuletzt zeigte die Anwendung einer winkelstabilen Plattenosteosynthese erste vielversprechende Funktionsergebnisse nach operativer Versorgung (Ellwein, Lill et al. 2019). Dem Operateur steht eine Vielzahl von etablierten Operationsverfahren zur Verfügung. In der Literatur herrscht allerdings Uneinigkeit über das definitive Operationsverfahren.

Das Ziel der vorgelegten Dissertationsstudie war es, eine Aussage zur allgemeinen Funktion nach Versorgung zu treffen und das funktionelle Outcome der verschiedenen Operationsverfahren bezüglich funktionellem Outcome vergleichend zu untersuchen. Die Ergebnisse zeigten ein gut bis relativ gutes funktionelles Outcome im Self - Assessment Test (MKQ). Der Mittelwert im MKQ lag bei 66 %  $\pm$  18,1. Ein signifikanter Unterschied des funktionellen Outcomes konnte zum Beispiel zwischen der K – Draht Osteosynthese und der winkelstabilen Plattenosteosynthese in dieser Patientenkohorte nicht festgestellt werden ( $p=0,56$ ). Es erfolgte zusätzlich eine Analyse des „Return to sports“ und der sportlichen Belastbarkeit nach Versorgung. Hier zeigte sich, dass 48,4 % der Patienten ihr ehemaliges sportliches Niveau wieder erreichen konnten.

Eine weitere Zielsetzung war, die Evaluation der Frage, ob die Patellahöhe (Patella alta bzw. baja) nach Patellafraktur das funktionelle Outcome der Patienten beeinträchtigt. Entsprechend der Ergebnisse des MKQ in der Patientengruppe mit Patella baja und Patella alta, konnte kein signifikanter Unterschied im funktionellen Outcome im Self - Assessment Test festgestellt werden ( $p=0,7$ ).



## 4.1 Patientenkollektiv

Das Patientenkollektiv dieser retrospektiven Analyse wurde aus dem Patientenarchiv der Abteilung für Unfallchirurgie des Klinikums rechts der Isar gewonnen. In einem Beobachtungszeitraum von 2003 bis 2016 erfolgte die Selektion von 375 Patienten, die an einer Patellafraktur operativ und konservativ behandelt wurden. Von dieser Patientenzahl konnten 98 Patienten (64 weiblich (65,3%), 34 männlich (34,7%)) mit einem allgemeinen Durchschnittsalter von 59,7 Jahren in die Studie eingeschlossen werden.

Eine Durchsicht der Literatur der letzten 5 Jahrzehnte hinsichtlich Studien mit vergleichbarer Fragestellung und Patientenkollektiv ergab eine übersichtliche Studienlage. So berichtete Boström et al. im Jahr 1972 über die Versorgung von Patellafrakturen von 416 Patienten (Boström 1972). 57 % waren männlichen Geschlechtes und das allgemeine Durchschnittsalter betrug 48 Jahre.

Catalano et al. berichtete 1995 über 79 offene Patellafrakturen, die in einem Zeitraum von 8 Jahren aus einem Gesamtkollektiv von 226 Patienten rekrutiert wurden. Die Geschlechterverteilung wurde mit 58 % männlich und 42 % weiblich angegeben mit einem Durchschnittsalter von 34 Jahren. Im Detail wurden in dieser Studie offene Patellafrakturen untersucht, die meist Folge eines schwereren Traumamechanismus (insbesondere 90% Verkehrsunfälle) waren (Catalano, Iannaccone et al. 1995).

Im Jahr 2012 veröffentlichte LeBrun et al. eine Outcome Studie über einen Beobachtungszeitraum von 16 Jahren mit insgesamt 241 Patienten, davon waren 48% männlich mit einem Durchschnittsalter von 52 Jahren. Die Frakturklassifikation erfolgte in dieser Studie nicht nach der AO-Klassifikation (LeBrun, Langford et al. 2012).

Der Anstieg des Patientenalters im Verlauf der letzten beiden Jahrzehnte könnte Rückschlüsse auf eine veränderte Aktivität im Alltag und in der Freizeit zulassen. Larsen et al. berichteten 2016 in ihrer epidemiologischen Studie über 10 Jahre von 756 Patellafrakturen mit einem Durchschnittsalter von 54 Jahren und 56 % weiblicher Patienten. Die Verteilung der Frakturklassifikation nach AO wird in der Studie mit 25 % AO Typ C3 (Trümmerfraktur) angegeben (Larsen, Vedel et al. 2016). In der hier vorgelegten Studie waren 34,7 % männlich und 65,3% weiblich mit einem allgemeinen Durchschnittsalter von 59,7 Jahren und 39,7 % der Frakturen vom Typ C3 nach AO. Zusammengefasst ist das Patientenkollektiv der vorgelegten Studie in Alter, Geschlechtsverteilung und Frakturmorphologie mit der aktuelleren Literatur vergleichbar.

#### 4.1.1 Nachuntersuchung mit Self - Assessment - Test (MKQ)

Die Entscheidung für einen Self - Assessment - Test zur Nachuntersuchung des Patientenkollektivs wurde aufgrund bereits positiver Erfahrungen mit dem „Munich Knee Questionnaire“ zur Datenerhebung anderer Studien der Klinik für Unfallchirurgie des Klinikums Rechts der Isar. Der MKQ vereint insgesamt 5 etablierte Fragebögen zur Nachuntersuchung von Kniegelenksverletzungen valide in einem Fragebogen, der durch den Patienten selbstständig ausgefüllt wird (Beirer, Fiedler et al. 2015). Die Entwicklung dieses Fragebogens erfolgte in der eigenen Klinik für Unfallchirurgie des Klinikums Rechts der Isar, Technische Universität München auch anhand von Daten bei Patellafraktur. Auf eine weitere selektive Untersuchung eines zum Beispiel retropatellaren Schmerzsyndroms nach Patellafraktur anhand des Scores nach Kujala et al., wurde nach Abwägung zum Vorteil einer Gesamtevaluation des funktionellen Outcomes verzichtet (Kujala, Jaakkola et al. 1993). Die Durchführung und Anwendung des Self - Assessment - Tests durch den Patienten mit örtlicher und personeller Freiheit überzeugten zusätzlich bei dieser Methodik. Die Beurteilung der Wiederaufnahme der sportlichen Betätigung erfolgte ebenfalls durch ein Self - Assessment Fragebogen, der vor allem subjektive Parameter abfragte. Durch Angabe des aktuellen Gewichts und der Körpergröße war auch eine Beurteilung der sportlichen Belastung nach Behandlung im Verhältnis zum Bodymassindex (BMI) möglich. Eine detaillierte Auswertung der Ergebnisse erfolgte in der Untergruppe nach Zufriedenheit der Behandlung und Erreichen des sportlichen Niveaus im Vergleich zu vor der Verletzung. In der Literatur wird zur Patellafraktur bisher wenig über die „Health - related quality of life“ (HRQOL) berichtet. So haben im Jahr 2018 Vedel et al. bei 49 Patienten über das Langzeit Outcome der Lebensqualität nach Patellafraktur und Verwendung moderner Versorgungsmodalitäten berichtet. Die Ergebnisse zeigten ein schlechteres HRQOL zur Vergleichspopulation, allerdings wurde die Ursache nicht eindeutig genannt. Die muskuläre Schwäche bei Kniestreckung, ein verändertes Gangbild und eine Osteoarthrose des Kniegelenkes waren nicht ausschlaggebend in Bezug auf das HRQOL (Vedel, Vistrup et al. 2018) . Die Ergebnisse des MKQ werden in der vorgelegten Studie nicht anhand einer Vergleichspopulation beschrieben. Der MKQ ist allerdings in Untergruppen gegliedert, die eine Beeinflussung der Lebensqualität und Beschwerden im alltäglichen Leben und Alltag untersuchen. Eine genaue Beurteilung der Untergruppen des MKQ war nicht Ziel dieser Studie. Allgemein lässt sich im Kontext ein durchschnittlicher MKQ Wert von 66 % ± 18,1 als ein gut bis relativ gutes Ergebnis im funktionellen Outcome beschreiben. Die potentiellen Hauptursachen der geringeren Lebensqualität lassen sich in diesem Studiendesign nicht näher erörtern.

## 4.2 MKQ - funktionelles Outcome

Das funktionelle Outcome ergab einen MKQ - Mittelwert von  $66\% \pm 18,1$ . Im Einzelnen zeigten Patienten mit einer AO-Typ B - Fraktur einen mittleren MKQ von  $68\% \pm 23,3$  und mit einer AO-Typ C - Fraktur von  $66\% \pm 19,7$ . Es ergab sich kein signifikanter Unterschied bei Typ B oder C-Frakturen im funktionellen Outcome. Die Querfraktur zeigte einen Mittelwert von  $69\% \pm 15,0$ , die Trümmerfraktur von  $61\% \pm 18,9$ .

Grundsätzlich ist die Ursache der nur zufriedenstellenden funktionellen Ergebnisse nach Patellafraktur bisher nur unzureichend geklärt. In der Literatur lassen sich die neueren Ergebnisse, die anhand des Self - Assessment Fragebogens MKQ ermittelt wurden, nicht mit aktuellen Studien direkt vergleichen. Allerdings lassen sich aus den MKQ Werten valide die Gesamtwerte des KOOS ermitteln (Beirer, Fiedler et al. 2015). Der KOOS Score hat einen hohen Stellenwert in der Literatur für Nachuntersuchungen von Kniegelenksbeschwerden (Roos, Toksvig-Larsen et al. 2003). Der Mittelwert des Gesamt-KOOS der vorgelegten Studie betrug  $50 \pm 21,5$ . So liegen die Ergebnisse des funktionellen Outcomes im Vergleich des MKQ und KOOS im oberen Mittelwertbereich und spiegeln die in der allgemeinen Literatur publizierten Ergebnisse wieder. Paradowski et al. haben im Jahr 2006 eine Bevölkerungs-basierte Referenzstudie an erwachsenen Patienten aus den schwedischen „National population records“ publiziert. Die veröffentlichten KOOS - Werte ergaben alters- und geschlechtsabhängige Unterschiede. Die Untergruppen Schmerz, Funktionalität und Lebensqualität bezogen auf das Kniegelenk unterschieden sich in den Altersgruppen und Geschlechtern signifikant. So beschreibt diese Studie in der Altersgruppe 55 bis 74 Jahre einen signifikanten Unterschied der KOOS Werte zwischen Männern und Frauen. Frauen gaben in allen Altersgruppen stärkere Beschwerden an. Von den Autoren wurde vorgeschlagen diese Unterschiede in der Nachuntersuchung anhand des KOOS zu berücksichtigen (Paradowski, Bergman et al. 2006). Der durchschnittliche KOOS Wert der vorgelegten Studie wurde nicht geschlechts- oder altersspezifisch untersucht. Das Hauptaugenmerk wurde auf das allgemeine funktionelle Outcome der verschiedenen Versorgungsmodalitäten gelegt.

#### 4.2.1 Einfluss der Frakturmorphologie - Subgruppenanalyse

In der Subgruppenanalyse zur Frakturmorphologie fand sich eine vermehrte Anwendung (72,7%) der winkelstabilen Plattenosteosynthese bei Typ C 3.2 - Frakturen (Trümmerfrakturen). Hingegen waren von der Untergruppe der K – Draht Osteosynthese 17,5 % Typ C 3.2 Frakturen. Die Versorgung der Typ C 1.1/2 Frakturen erfolgte in 61,2 % durch eine K – Draht Osteosynthese. Ein signifikanter Unterschied im funktionellen Outcome zeigte sich in der Frakturmorphologie jedoch nicht. Korrelierend dazu berichtet Eggink et al. im Jahr 2011 in ihrer Studie bei 40 Patienten ebenfalls von keinem signifikanten Unterschied im funktionellen Outcome zwischen den Gruppen der AO Klassifikation. Eine detaillierte Auflistung nach Frakturklassifikation wird nicht genannt. Es zeigte sich in den untersuchten Scores (Knee Score, Patellofemoral Score und VAS Score) kein signifikanter Unterschied. Der EQ-5D Health Questionnaire erwies einen geringeren Score bei den Typ C Frakturen im Vergleich zu den Typ A Frakturen (Eggink and Jaarsma 2011) .

In der hier vorgelegten Studie kann aus den Ergebnissen des MKQ kein signifikanter Unterschied im funktionellen Outcome zwischen Typ B und Typ C Frakturen aufgewiesen werden, somit sind die vorgestellten Ergebnisse im Kontext mit der gängigen Literatur.

#### 4.2.2 Einfluss der Versorgungsmodalität auf das funktionelle Outcome

In der Literatur wurden nach Patellafrakturen, insbesondere bei dislozierten sowie Trümmerfrakturen allgemeine Beschwerden bei bis zur Hälfte der Patienten und funktionelle Beschwerden bei bis zu einem Drittel beschrieben (Boström 1972, Hung, Chan et al. 1985, Levack, Flannagan et al. 1985, Mehdi, Husson et al. 1999). In den letzten fünf Jahren wurden innovative Versorgungsmöglichkeiten der Patellafraktur wie die winkelstabile Plattenosteosynthese zunehmend häufiger und flächendeckender eingesetzt im Vergleich zu den bekannten Modalitäten der K – Draht Osteosynthese bzw. Schraubenosteosynthese. Allgemeine Vorteile der winkelstabilen Plattenosteosynthese (z.B.: Starplate™, Arthrex, München, Deutschland) sind die Reposition multipler Fragmente, eine monokortikale und winkelstabile Fixierung, sowie eine vermehrte Belastungsstabilität postoperativ. Dadurch lässt sich eine Frühmobilisierung und aktive Beübung des Patienten schneller realisieren (Wurm, Augat et al. 2015).

Die Ergebnisse zweier neuerer prospektiver Studien mit allerdings kleiner Fallzahl (n=25/30) postulieren ein verbessertes funktionelles Outcome der winkelstabilen Plattenosteosynthese im Vergleich zur K – Draht Osteosynthese. Insbesondere wird der Vorteil bei Trümmerfrakturen betont, da die winkelstabile Plattenosteosynthese eine höhere

mechanische Stabilität aufweist. Als negativer Gesichtspunkt wird in beiden Studien von einer störenden Implantatlage berichtet, die insbesondere das Knie und die Belastung in der Beugung behindert (Ellwein, Lill et al. 2019) (Wurm, Bühren et al. 2018). Bereits im Jahr 2012 zeigten Dy et al. in ihrer Metaanalyse bei 737 Patienten nach operativer Versorgung eine Re-Operationsrate von 33,6 %, die unter anderem auf eine störende Implantatlage bzw. sekundäre Dislokation zurückzuführen war (Dy, Little et al. 2012). In dieser Studie wurde im angegebenen Follow – up bei einem Patienten eine elektive Metallentfernung durchgeführt. Die Auswertung des MKQ lässt allerdings keine spezifische Aussage zur störender Implantatlage zu. Um eine aktuelle Einschätzung der Re-Operationsrate bei Versorgung mittels winkelstabiler Plattenosteosynthese abzugeben, bedarf es noch weiterer ausführlicher Studien in der Zukunft mit größeren Fallzahlen und längeren Nachuntersuchungszeiträumen. Die Ergebnisse der hier vorgelegten Analyse konnte bisher noch keinen signifikanten Vorteil dieses Implantats im funktionellen Outcome im Vergleich zur konventionellen K – Draht Osteosynthese aufweisen. Mögliche Ursachen hierfür sind der relativ kurze Nachuntersuchungszeitraum. Die hier vorgestellte Arbeit schloss Patientendaten der Jahre 2003 bis 2016 ein, wobei die neue winkelstabile Plattenosteosynthese erst seit 2015 verwendet wird. Somit ergeben sich relativ kurze Nachuntersuchungszeiträume von einigen Monaten. Ein weiterer Grund lässt sich in der daraus folgenden geringen Fallzahl der mit einer winkelstabilen Plattenosteosynthese (n=11) versorgten Patienten aufzeigen, sowie die hier unspezifische Evaluation durch den MKQ, der nur wenig auf die potentielle Kraftentwicklung eingeht.

In einer aktuellen Studie berichten Ellwein et al., dass die Patienten (n=20) im Tegner Aktivitätsscore und Lysholm Score sechs Wochen nach operativer Versorgung ihr vorheriges Niveau (Vergleichsgruppe war das kontralaterale Kniegelenk) wieder erreicht haben. Der Kujala Test zeigte allerdings erst nach 12 Monaten keinen signifikanten Unterschied mehr. In dieser Studie wurden vor allem Typ C Frakturen untersucht, ein Patient so wird berichtet, hatte eine Typ A Fraktur (Ellwein, Lill et al. 2019). Im Vergleich zur vorliegenden Studie, war es aufgrund des Studiendesigns nicht möglich eine vergleichende Aussage für das kurze Follow – Up von sechs Wochen treffen zu können. In der Untergruppe der Patienten die eine winkelstabile Plattenosteosynthese erhielten, berichteten 75 % der Patienten von einem schlechteren sportlichen Niveau nach Versorgung im kurzen Follow - up. Die unterschiedlichen Ergebnisse der vorliegenden Studie und der Studie von Ellwein et al., sind am ehesten mit den unterschiedlich verwendeten Tests zu begründen.

Allgemein gibt es in der Literatur nur wenige Studien mit Aussage zu Langzeitergebnissen bzw. Outcome nach operativer Versorgung einer Patellafraktur. Vereinzelt Studien, die

Patienten retrospektiv und prospektiv über einen längeren Zeitraum untersucht haben, zeigen ebenfalls nur mäßig gute Ergebnisse in Zufriedenheit, Schmerzfreiheit, Funktion und Bewegungsfreiheit. Auffällig sind nicht unbedingt massive Bewegungseinschränkungen, hierbei wurden meist nur wenige Grad ( $<5^\circ$ ) Extensionsdefizit angegeben, sondern vielmehr ein Kraftverlust der Extension im Seitenvergleich, verminderte Sportfähigkeit und eine eingeschränkte Lebensqualität (Melvin, Mehta et al. 2011, LeBrun, Langford et al. 2012, Vedel, Vistrup et al. 2018).

## 4.3 Wiederaufnahme Sport

Neben der geringen Anzahl an Studien zum funktionellen Outcome wurde bisher in der aktuellen Literatur ebenfalls nur wenig über einen „Return-to-sport“ nach operativer Versorgung einer Patellafraktur beschrieben (Sayum Filho, Lenza et al. 2015). Es sind kaum Ergebnisse über die Zeitdauer der Rekonvaleszenz bzw. zur Wiederaufnahme der sportlichen Aktivität vorhanden. Des Weiteren gibt es keinen Vergleich, ob Patienten ihr ursprüngliches sportliches Niveau postoperativ wiedererreichen konnten. Aufgrund des retrospektiven Designs sind die Daten der vorliegenden Studie mit einem möglichen Bias behaftet. Zudem wurden keine aktiven Tests insbesondere in Bezug auf ein patellofemorales Schmerzsyndrom oder ein Patellamaltracking durchgeführt. Das Design des Fragebogens „Sport nach Versorgung einer Patellafraktur“ wurde so konzipiert, dass möglichst alle Bereiche des Sports bis zum Spitzensport erfasst wurden und die auftretenden Beschwerden spezifisch evaluiert werden konnten. Die allgemeine Zufriedenheit nach Operation war bei 75% der Patienten vorhanden. Dies wurde durch die Ergebnisse des MKQ bestätigt und somit können verlässlichere Aussagen getroffen werden. Schuett et al. berichten in ihrem Review im Jahr 2015 über die aktuellen Behandlungskonzepte der Versorgung von Patellafrakturen von bestehenden Einbußen in Funktion, Kraftentwicklung und Schmerzen. Bei 80% der versorgten Patienten wird ein vorderer Knieschmerz beschrieben (Schuett, Hake et al. 2015). In der hier vorliegenden Studie berichten 60 % der Patienten von einem gelegentlich bis regelmäßig auftretenden vorderen Knieschmerz unter sportlicher Belastung. Von den Patienten, die vor der Verletzung sportlich aktiv waren, waren nach Versorgung 84 % wieder aktiv, wobei insgesamt 48,4 % ihr ehemaliges sportliches Niveau wieder erreichen konnten. Aufgrund des Studiendesigns lässt sich keine spezifische Aussage zu den Ursachen treffen. Aufgrund der geringen Datenlage in der Literatur nach Patellafraktur, können allerdings nur Parallelen als Vergleich herangezogen werden. Die Datenlage nach konservativer bzw. operativer Therapie bei Patellainstabilität (Zustand nach traumatischer Patellaluxation) mittels MPFL Plastik und Tuberositasosteotomie bei Patellamaltracking zeigte eine „Return-to-sport“ Fähigkeit bei 70 – 80 % der Patienten (Nelitz, Dreyhaupt et al. 2013, Ntagiopoulos, Byn et al. 2013). Ergebnisse über die beanspruchte Zeit bis zum Wiedereintritt in den Sport wurden nicht angegeben, vielmehr werden daher mehrfach Kriterien angegeben die eine volle Sportfähigkeit erst erlauben (Ménétrety, Putman et al. 2014). Als Kriterien wurden Schmerzfreiheit, ausbleibender Kniegelenkserguss, fehlende patellofemorale Instabilität, volle Bewegungsfreiheit, symmetrische Kraft und dynamische Stabilität genannt. Diese Kriterien wurden anhand unseres Sportfragenbogens zum Teil erfüllt

und bis auf eine patellofemorale Instabilität und symmetrische Kraftentwicklung miterfasst. In der vorgelegten Studie waren 73,3 % der Patienten mit ihrem sportlichen Niveau zufrieden. Schmerzfreiheit gaben 27,7 % der Patienten an bei sportlicher Belastung. Von den Patienten die Beschwerden angaben, nahmen 38,3 % orale Analgetika (z.B.: NSAR) gelegentlich ein. 61,9 % der Patienten gaben keine Kniegelenksschwellung nach sportlicher Belastung an. Ménétrey et al. berichteten von 60 % der Patienten, die ihr sportliches Niveau wieder erreichten, wobei hier keine spezifischen Angaben hinsichtlich der Patientenzahl mit Kniegelenksschwellung oder Schmerztherapie gemacht wurden. In der hier vorliegenden Studie erreichen 48,4 % der Patienten wieder ihr vorheriges sportliches Level. Ein direkter Vergleich ist aufgrund der Behandlungsdiagnose nicht empfehlenswert, allerdings lassen sich Parallelen zur „Return-to-sport“ Fähigkeit ableiten und sind durchaus vergleichbar mit den Ergebnissen von Ménétrey et al.

#### 4.4 Einfluss der Patellahöhe auf das funktionelle Outcome

Das Ziel dieser retrospektiven Studie war es, sowohl die Einflussfaktoren verschiedener Osteosyntheseformen als auch den Einfluss einer Patella baja bzw. alta nach Patellafraktur auf das funktionelle Outcome zu untersuchen. Zur Evaluation wurde ein Self - Assessment Fragebogen (MKQ) angewendet. Neben der funktionellen Evaluation wurden routinemäßig durchgeführte Röntgenkontrollen der Patienten zur Beurteilung einer Patellafehlage herangezogen. Grundsätzlich muss hier angemerkt werden, dass die Bestimmung einer Patella baja oder alta im lateralen Röntgenbild des Kniegelenkes trotz vieler Untersuchungsscores einer hohen Variabilität im Ergebnis unterliegt.

Prinzipiell ist eine direkte und eine indirekte Messmethode zur Evaluation einer Fehlposition der Patella zu unterscheiden. Die direkte Messung erfolgt über die Position der Patella zum Femur, die indirekte der Patellaposition im Verhältnis zur Tibia bzw. zur Tuberositas tibiae. Die indirekte Methode nach Insall - Salvati ist wohl vermutlich aufgrund der Pionierleistung, der simplen Anwendung und einfachen Score Berechnung weiterhin am geläufigsten. Eine fixierte laterale Röntgenaufnahme des Kniegelenkes ist nicht zwingend notwendig. Weitere bekannte und häufig angewendete Messverfahren wurden von Blackburne - Peel, Caton - Dechamps und Grelsamer - Meadows beschrieben, diese wurden auch am häufigsten in intra- und interobserver Studien untersucht (Phillips, Silver et al. 2010). Die größte Fallzahlstudie (n=300) wurde von Grelsamer und Meadows als „modified Insall - Salvati“ publiziert (Grelsamer, Meadows et al. 1992). Die gemeinsame Problematik dieser Messmethoden ist eine Variabilität der Landmarken z.B. der Tuberositas tibia oder des proximalen



Endes der patellaren Gelenkfläche im seitlichen Röntgenbild, welche zu unterschiedlichen Ergebnissen führt und durch degenerative Veränderungen zusätzlich erschwert wird.

Dazu weisen die direkten Messmethoden nach Blumensaat, Bernageau, Labella, Norman et al., welche teilweise zeitlich vor den indirekten Messmethoden publiziert wurden, ebenfalls eine problematische universelle Bestimmung einer Ausgangsreferenz auf. Hier wurde anfänglich die Blumensaatlinie als Verbindungslinie der interkondylären Notch als Referenz verwendet. Aufgrund der Varianz der Position der Blumensaatlinie wurde die indirekte Methode geläufiger. Die wohl aktuellste Messmethode wurde 2006 von Biedert und Albrecht als „Patellotrochlearer Index“ basierend auf Daten aus MRT Messungen ohne konventionelle Röntgendarstellung publiziert (Biedert, Albrecht et al. 2006). Vorteile der MRT wurden hierbei eindeutig beschrieben als modifizierte Festsetzung der Messpunkte auf Basis des patellofemorale Knorpels und nicht der knöchernen Landmarken, welche häufig zu fehlerhaften Messungen führten.

In dieser Untersuchung haben wir uns auf den geläufigsten Score (Insall - Salvati) berufen, welcher keinen fixierten Winkel im lateralen Röntgenbild voraussetzt. In Bezug auf die Ergebnisse des MKQ bei Patella baja und alta, ergab sich kein signifikanter Unterschied im funktionellen Outcome. So muss davon ausgegangen werden, dass ein posttraumatischer Patellafehlstand keinen signifikanten Einfluss auf das funktionelle Outcome hat. In der Literatur werden funktionelle Beschwerden einer Patella alta häufig als patellofemorale Gelenkschmerz beschrieben, der bei bis zu 30% sportlich aktiver Individuen auftritt. Meist wird dabei eine „Patellamaltracking“ ursächlich beschrieben, das bei einer Patella alta eine vermehrte patellofemorale Instabilität und Schmerzen verursacht (Kannus 1992). Ein „Patellamaltracking“ einer Patella alta verursacht bei endgradiger Kniegelenkextension einen größeren patellofemorale und somit vermehrten Knorpelstress mit konsekutiv vermehrten Beschwerden. Ob hierfür isoliert eine gestörte Beziehung zwischen „Patellamaltracking“, also eine vermehrte Instabilität, und eine verminderte Kontaktbelastungsfläche verantwortlich ist, bleibt zu diskutieren (Ward, Terk et al. 2007). Eine weitere Studie beschreibt keinen signifikanten Unterschied der patellofemorale Kontaktfläche bei einer Patella alta, zumindest in leichter Flexion des Kniegelenkes (Besier, Draper et al. 2005). Die Folgen des vermehrten patellofemorale Stress sind eine fortschreitende Knorpelschädigung, die eine Arthrose des Kniegelenkes (KOA) insbesondere des patellofemorale Gelenkes bedingt. Entsprechend der Ergebnisse zweier großer Studien beträgt die Inzidenz symptomatischer Knieosteoarthritis 12% bei Individuen über 60 Jahre (Dillon, Rasch et al. 2006, Lawrence, Felson et al. 2008). Eine Beteiligung der Patella alta zur Risikosteigerung einer Knieosteoarthritis wurde mit dem bis zu 3-fach erhöhtem Wert in einer

groß angelegten prospektiven Kohortenstudie postuliert (Stefanik, Guermazi et al. 2011). Insbesondere die Beteiligung des erhöhten Knorpelschadens im lateralen patellofemorale Kompartiment war größer als die im medialen Gelenkkompartiment. Die Verfasser dieser Studie postulieren, dass ein erhöhter Insall - Salvati Index respektive eine Patella alta die Prävalenz struktureller Schäden im patellofemorale Gelenk erhöht (Stefanik, Zhu et al. 2010). In unserer Studienpopulation betrug das mittlere Alter 59 Jahre, somit im Vergleich bei einem im Durchschnitt vier Jahre jüngeren Patientenalter zur Literatur. Ob diese Tatsache die Erwartung eines schlechteren Outcomes einer Patella alta begründet, lässt sich schwer beurteilen. Des Weiteren haben JJ Stefanik et al. in oben genannter Studie keine funktionelle Untersuchung durchgeführt (Stefanik, Zhu et al. 2010). Eine Patella baja wurde in dieser Studienpopulation schwindend gering gemessen, mit einer Prävalenz von 2% (n=20/896). Ebenfalls lässt sich nur schwer eine direkte Beziehung der Ergebnisse von JJ Stefanik et al. auf die vorliegenden herstellen. Das Risiko der posttraumatischen Arthrose aufgrund der gelenkbeteiligten Fraktur und der Zusatz des erhöhten Risikos zur KOA durch eine Patella alta, lässt sich im vorliegenden Studiendesign nicht quantifizieren. Die Evaluation mittels MKQ gibt aufgrund der verschiedenen Belastungsmuster (Sport, Gartenarbeit, Treppengang) einen relativ vielseitigen Eindruck über aktive und passive Spitzenbelastung des Kniegelenkes wieder.

Eine Patella baja konnte in unserer Studie bei elf Patienten (n=11) posttraumatisch nachgewiesen werden. Zur Entstehung einer Patella baja werden in der Literatur mehrere Faktoren als ursächlich angegeben. So spielen unter anderem eine posttraumatische oder postoperative Patellasehnenverkürzung, intraartikuläre Vernarbungen oder eine Fibrose des Hoffa'schen Fettkörpers eine Rolle. Eine Schwächung des Quadrizepsmuskels durch z.B.: Druckschädigung nach Blutsperrung oder durch eine verlängerte Rehabilitation nach operativer Versorgung einer Kniegelenksverletzung wird ebenfalls als Ursache diskutiert (Bruhin, Preiss et al. 2016). Die Symptome einer Patella baja werden häufig mit einem vorderen Knieschmerz, verminderter Bewegungsfreiheit und geringerem Hebelarm der Streckmuskulatur beschrieben (Caton, Deschamps et al. 1982). Aufgrund des Studiendesigns und des Self - Assessment - Tests, erfolgte keine funktionelle Evaluierung der Streckkraft. Die Art der Osteosynthese in der Untergruppe der Patella baja war gleichmäßig verteilt in dieser Dissertationsstudie und ist nach unserer Einschätzung nicht ursächlich für die Entstehung einer Patella baja. Die Funktionswerte im MKQ waren nicht signifikant unterschiedlich. Ein Rückschluss zur Ursache lässt sich anhand der vorgestellten Ergebnisse nicht treffen. Die Inzidenz der Patella baja ist zur Studienlage vergleichbar. Des Weiteren konnte ein gehäuftes Auftreten einer Patella baja nach temporärer Stabilisierung

mittels Cerclage nach McLaughlin bei z.B.: Patellapolfraktur in der beschriebenen Patientenkohorte von Gwinner et al. nicht nachgewiesen werden (Gwinner, Märdian et al. 2016). Die Ergebnisse der vorliegenden Studie stehen in Inzidenz und Outcome der Patella baja im Kontext zur aktuellen Literatur.

## 4.5 Einschränkungen der Studie

Als limitierender Faktor dieser Doktorarbeit ist grundsätzlich das Studiendesign zu nennen. Die Erhebung der Daten durch eine retrospektive Analyse birgt die bekannten Probleme des Kausalzusammenhanges und die möglichen Fehler der Erinnerungsfähigkeit durch den Patienten selbst. Des Weiteren wurden die Patienten nicht nach dem Zufallsprinzip ausgewählt, somit ist eine Verzerrung der Stichproben in eine Richtung möglich. Um dieser Limitierung entgegen zu wirken, wurde deshalb auf eine möglichst große Fallzahl Wert gelegt und ein sehr langer Beobachtungszeitraum festgelegt. Die Nachuntersuchung anhand eines Self - Assessment - Tests kann zu weiteren Fehlern bei der Verlässlichkeit und Reproduzierbarkeit der Daten führen. Hierfür wurde ein sehr aktueller Fragebogen verwendet, der aufgrund wissenschaftlicher Evaluation valide ist (Beirer, Fiedler et al. 2015). Die Anwenderfreundlichkeit dieses Fragebogens hat bei der Erhebung eines weitgefassten Patientenkollektivs überzeugt. Die breit gefasste Evaluierung des Outcomes durch den MKQ Self – Assessment - Test wurde bereits unter 4.2 diskutiert.

## 5. Zusammenfassung

Insgesamt stellt die Patellafraktur im Vergleich zu anderen Frakturen des menschlichen Skelettes mit einer Inzidenz von ca. 0,5 – 1% eine relativ seltene Entität dar (Amis, Firer et al. 2003). Die Patella selbst ist das größte Sesambein des Körpers und spielt eine wichtige Rolle bei der Funktion des Kniegelenkes. Aufgrund ihrer anatomischen Lage und wichtigen Rolle für die Funktionalität des Kniegelenkes führen Patellafrakturen trotz der geringen Inzidenz häufig zu einer eingeschränkten Bewegungsfunktion, Kraftminderung bei Kniegelenksstreckung oder verminderter Sportfähigkeit trotz optimaler operativer Versorgung mit Wiederherstellung der Gelenkkongruenz und des Streckapparates (Amis, Firer et al. 2003).

Eine Durchsicht der aktuellen Literatur ergab eine sehr geringe Anzahl an Studien hinsichtlich einer Analyse des postoperativen Outcomes nach Patellafraktur. Beruhend auf dieser Tatsache und zudem einer Weiterentwicklung operativer Verfahren zur Versorgung der Patellafraktur, ergab sich als Ziel der Studie eine umfassende retrospektive Datenanalyse durchzuführen. Fokus der hier vorgelegten Dissertationsarbeit war es Aussagen über das funktionelle Outcome nach verschiedenen operativen Versorgungsmodalitäten bei Patellafraktur treffen zu können, so wie die Frage zu klären, ob zum Beispiel insbesondere die neuwertige Plattenosteosynthese gegenüber den gängigen Verfahren wie der K – Draht Osteosynthese einen signifikanten Vorteil in der Kurzzeitanalyse aufweist. Eine weitere Zielsetzung war, die Evaluation der Frage, ob die Patellahöhe (Patella alta bzw. baja) nach Patellafraktur das funktionelle Outcome der Patienten beeinträchtigt und diese in ihrer alltäglichen und sportlichen Betätigung einschränkt. Daher wurden in der vorgelegten retrospektiven Analyse anhand eines Self - Assessment - Tests, dem Munich Knee Questionnaire (MKQ), insgesamt 98 Patienten über einen Zeitraum von 13 Jahren untersucht.

Im Vergleich der unterschiedlich angewandten Verfahren der K – Draht Osteosynthese ( $p=0,35$ ), K – Draht mit Schraubenfixierung ( $p=0,40$ ), Schraubenosteosynthese ( $p=0,23$ ) oder winkelstabile Plattenosteosynthese ( $p=0,56$ ), fand sich kein signifikanter Unterschied. Die Subgruppenanalyse der unterschiedlichen Osteosyntheseverfahren in Korrelation zu der Frakturschwere nach AO - Klassifikation wiesen ebenfalls keinen signifikanten funktionellen Unterschied auf ( $p=0,39$ ). Die Daten zur Rückkehr in die gewohnten sportlichen Aktivitäten sowie das sportliche Level nach operativ versorgter Patellafraktur zu ermitteln bzw. zu analysieren war ein weiterer Fokus der Dissertationsarbeit. 82,5 % der Patienten waren sehr

zufrieden bis zufrieden nach Verletzung und 48,4 % konnten zu ihrem ursprünglichen sportlichen Niveau zurückkehren. Der Beginn mit sportlicher Belastung erfolgte im Durchschnitt 6,2 Monate nach Versorgung. Insgesamt waren 73,3 % der sportlich aktiven Patienten zufrieden mit ihrer posttraumatischen Sportfähigkeit. Hiervon gaben allerdings 13,8 % einen regelmäßigen vorderen Knieschmerz an.

In der Subgruppenanalyse der K – Draht Osteosynthese waren 69,2 % der Patienten mit ihrer Sportfähigkeit zufrieden. Nach Versorgung mittels winkelstabiler Plattenosteosynthese waren 25 % zufrieden. Im kurzen Follow - up nach Versorgung mit winkelstabiler Plattenosteosynthese kann eine Aussage über eine frühere Wiederaufnahme des Sports bei Patienten anhand der geringen Datenmenge sowie kurzem Auswertzeitraum noch nicht getroffen werden.

Interessant wäre eine weiterführende Untersuchung des sportlichen Niveaus explizit nach Versorgung mit einer winkelstabilen Plattenosteosynthese im längeren Follow - up. Weitere prospektive Studien sind allerdings notwendig um detaillierte Ergebnisse zu erhalten und einen anhaltenden Fortschritt in der Versorgung dieser Verletzung zu ermöglichen.



## Symptome

1. Wie häufig ist Ihr Knie geschwollen?

nie                      selten                      manchmal                      oft                      ständig

2. Wie stark ist Ihre schwerste Kniesteifigkeit im Verlauf eines Tages?

gar nicht                      wenig                      mäßig                      stark                      sehr stark

3. Wie häufig knicken Sie mit dem betroffenen Knie ein, bzw. wie häufig fühlt sich Ihr Knie instabil an?

niemals                      selten                      manchmal                      oft                      bei jedem Schritt

4. Wie häufig haben Sie bei Bewegungen Blockaden im Kniegelenk?

nie                      selten                      manchmal                      oft                      ständig

5. Wie häufig macht Ihr Knie Geräusche (Klicken, Mahlen oder andere Geräusche)?

nie                      selten                      manchmal                      oft                      ständig

6. Wie häufig klagen Sie über Gefühllosigkeit in Ihrem Knie?

nie                      selten                      manchmal                      oft                      ständig

7. Wie häufig fühlt sich Ihr Knie schwach für Sie an?

nie                      selten                      manchmal                      oft                      ständig

## Beweglichkeit

### Flexion

8. Ist es Ihnen möglich folgende Bewegungen auszuführen ?



Ja

Ja

Ja

Ja

Ja

## Schmerz

Bitte kreuzen Sie das Kästchen an, das der Stärke Ihrer Knieschmerzen am besten entspricht.

9. Wie häufig verspüren Sie Schmerzen in Ihrem Knie?

nie                      selten                      manchmal                      oft                      ständig

10. Wie stark war der heftigste Schmerz in den vergangenen 14 Tagen?

keine                      wenig                      mäßig                      stark                      unerträglich

11. Wie stark sind die Knieschmerzen bei Drehungen im Knie?

keine                      wenig                      mäßig                      stark                      unerträglich

12. Wie stark sind die Knieschmerzen ohne oder bei nur geringer Bewegung (nachts, beim Sitzen/Liegen auf der Couch)?

keine                      wenig                      mäßig                      stark                      unerträglich



13. Wie stark sind die Schmerzen beim Treppen heruntersteigen?

keine                      wenig                      mäßig                      stark                      unerträglich

---

14. Wie stark sind die Schmerzen beim Treppen heraufsteigen?

keine                      wenig                      mäßig                      stark                      unerträglich

**Arbeit und alltägliches Leben**

---

15. Wie stark sind Ihre Schwierigkeiten beim Gehen auf ebenem Boden?

keine                      wenig                      mäßig                      stark                      nicht möglich

---

16. Haben Sie aufgrund Ihres Knies Schwierigkeiten beim Stehen?

keine                      wenig                      mäßig                      stark                      nicht möglich

---

17. Haben Sie aufgrund Ihres Knieleidens Schwierigkeiten in die Hocke zu gehen?

keine                      wenig                      mäßig                      stark                      nicht möglich

---

18. Wie bewerten Sie Ihre Schwierigkeiten beim Aufstehen (aus dem Bett, aus dem Sitzen, beim Aus-und Einsteigen ins Auto, Aufstehen von der Toilette)?

keine                      wenig                      mäßig                      stark                      nicht möglich

---

19. Haben Sie aufgrund ihrer Knieverletzung Schwierigkeiten beim An-und Ausziehen von Socken?

keine                      wenig                      mäßig                      stark                      nicht möglich

## Sport/Freizeit

20. Haben Sie aufgrund Ihrer Kniebeschwerden Schwierigkeiten bei leichter Hausarbeit (einkaufen gehen, wischen, kochen etc.)?

keine                      wenig                      mäßig                      stark                      nicht möglich

21. Hatten Sie in der Zeit vor Ihren Kniebeschwerden Schwierigkeiten bei leichter Hausarbeit (einkaufen gehen, wischen, kochen etc.)?

keine                      wenig                      mäßig                      stark                      nicht möglich

22. Wie stark sind die Schwierigkeiten aufgrund Ihres Knies bei schwerer Hausarbeit (Boden schrubben, schwere Dinge tragen, Garten umgraben etc.)?

keine                      wenig                      mäßig                      stark                      nicht möglich

23. Haben Sie aufgrund Ihres Knieleidens Schwierigkeiten bei einfachen sportlichen Aktivitäten (joggen, bücken)?

keine                      wenig                      mäßig                      stark                      nicht möglich

24. Haben Sie aufgrund Ihres Knieleidens Schwierigkeiten bei schwerer körperlicher Belastung (hüpfen, rennen)?

keine                      wenig                      mäßig                      stark                      nicht möglich

25. Haben Sie aufgrund Ihres Knies Schwierigkeiten sich hinzuknien?

keine                      wenig                      mäßig                      stark                      nicht möglich

## Funktion / Beeinflussung der Lebensqualität

26. Wie oft spüren Sie Ihr erkranktes Knie, bzw. werden Ihnen Ihre Kniebeschwerden bewusst?

nie                      selten                      manchmal                      oft                      ständig

27. Wie häufig machen Sie sich Gedanken über Ihr Knie (auch in Bezug auf die Zukunft mit Ihren Knieproblemen)?

nie                      selten                      manchmal                      oft                      ständig

28. Wie häufig fühlen Sie sich frustriert oder entmutigt aufgrund Ihrer Knieprobleme?

nie                      selten                      manchmal                      oft                      ständig

29. Haben Sie Ihre Lebensweise aufgrund Ihres verletzten Knies geändert, vor allem auch um möglichen erneuten Verletzungen vorzubeugen?

gar nicht                      wenig                      mäßig                      stark                      sehr stark

30. Was ist die höchste Aktivitätsstufe, die Sie ohne erhebliches Anschwellen Ihres Knies ausüben können?

Berentung /Krank geschrieben                      Gehen, Haus oder Gartenarbeit                      mäßig anstrengende Aktivitäten (Laufen, Joggen)                      anstrengende Aktivität (Skilaufen, Tennis, Fussball)                      Sport auf professionellem Niveau

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

Berentung /Krank geschrieben                      Gehen, Haus oder Gartenarbeit                      mäßig anstrengende Aktivitäten (Laufen, Joggen)                      anstrengende Aktivität (Skilaufen, Tennis, Fussball)                      Sport auf professionellem Niveau

32. Was ist die höchste Aktivitätsstufe, die Sie zurzeit ausüben konnten?

Berentung /Krank ge- schrieben	Gehen, Haus oder Gartenar- arbeit	mäßig anstrengende Aktivitäten (Laufen, Joggen)	anstrengende Akt- ivität (Skilaufen, Tennis, Fussball)	Sport auf professionell- em Niveau					
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

33. Was war die höchste Aktivitätsstufe, die Sie vor Ihrer Knieverletzung ausüben konnten?

Berentung /Krank ge- schrieben	Gehen, Haus oder Gartenar- arbeit	mäßig anstrengende Aktivitäten (Laufen, Joggen)	anstrengende Akt- ivität (Skilaufen, Tennis, Fussball)	Sport auf professionell- em Niveau					
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## 6.2. „Sport nach Versorgung einer Kniescheibenfraktur“

Bitte beantworten Sie die Fragen jeweils mit einer Markierung und zum aktuellen Zeitpunkt bei bestehenden Beschwerden.

**Wie gross sind Sie?** \_\_\_\_\_

**Wie schwer sind Sie?** \_\_\_\_\_

**Welche Seite wurde operiert und wann wurde operiert?**

Rechts \_\_\_\_\_ (Monat/Jahr)

Links \_\_\_\_\_ (Monat/Jahr)

**Hatten sie vor der Verletzung Kniebeschwerden?** \_\_\_\_\_

**Wenn ja, erfolgte eine Therapie?** \_\_\_\_\_

---

**1. Wann haben Sie nach der Operation wieder zu arbeiten begonnen (bitte markieren)?**

Keine Arbeit/Beruf \_\_\_\_\_

1 Woche                      2 Wochen                      3 Wochen  
4 Wochen                      5 Wochen                      6 Wochen  
7 Wochen                      8 Wochen                      > 8 Wochen

**2. Nach Operation: Wie zufrieden sind Sie derzeit mit dem Ergebnis Ihrer Behandlung (bitte markieren)?**

Sehr zufrieden  
 Zufrieden  
 Weder noch  
 Unzufrieden  
 Sehr unzufrieden

**3. Haben Sie vor der Operation Sport betrieben?**

Ja  
 Nein

**4. Betreiben Sie derzeit Sport?**

Ja  
 Nein

>>Wenn Nein, die folgenden Fragen nicht beantworten<<

**5. Haben Sie Kniebeschwerden, die Ihre Sportfähigkeit vor der Operation eingeschränkt haben?**

- Ja, stark
- Ja, etwas
- Nein

**6. Verglichen mit dem Zeitraum vor der Operation, wie hat sich Ihr sportliches Niveau bis heute verändert?**

- Verbessert (höheres Niveau als vor der Operation)
- Unverändert (gleiches Niveau wie vor der Operation)
- Verschlechtert (niedrigeres Niveau als vor der Operation)

**7. Sind Sie mit Ihrer derzeitigen Sportfähigkeit in Bezug auf Ihr Kniegelenk zufrieden?**

- Nein
- Ja

**8. Wann haben Sie nach der Operation wieder mit Sport begonnen? \_\_\_\_\_**

**9. Auf einer Skala von 0 bis 10, wie würden Sie die Schmerzen beschreiben, die Sie während Sie derzeit Sport betreiben im operierten Kniegelenk verspüren?**

keine Schmerzen > 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 < extreme Schmerzen

**10. Verspüren Sie nach bzw. während der sportlichen Belastung einen vorderen Knieschmerz (v.a. im Bereich der Kniescheibe und Ansatz der Kniescheibensehne am Unterschenkel) ?**

- Nein
- Ja, gelegentlich
- Ja, regelmässig

**11. Verursachen sportliche Bewegungen wie Sprünge, tiefe Übungen in der Hocke, schnelle Start-Stopp Bewegungen vor allem Beschwerden?**

- Nein
- Ja, gelegentlich
- Ja, regelmässig

**12. Müssen Sie während oder nach sportlicher Aktivität Schmerzmittel wegen Ihres operierten Kniegelenks einnehmen?**

- Nein
- Ja, gelegentlich
- Ja, regelmässig

**13. Bemerken Sie eine Schwellung des Kniegelenks nach sportlicher Belastung?**

- Nein
- Ja, gelegentlich
- Ja, regelmässig

**14. Welche Sportart üben Sie aktuell aus?**

- Fussball
- Tennis
- Joggen / Leichtathletik
- Snowboard
- Skifahren
- Langlauf
- Volleyball
- Golf
- Klettern / Bouldern
- Radfahren/ Rennrad
- Tanzen
- Wandern
- Andere: \_\_\_\_\_

**15. Auf welchem Niveau führen Sie Sport aus?**

- Gelegentlich als Hobby
- Vereinssport
- Profisport

**16. Wie oft machen Sie Sport ?**

- <= 1 mal pro Woche
- 2-3 mal pro Woche
- > 3 mal pro Woche

## 7. Literaturverzeichnis

Amis A., Firer P., Mountney J., Senavongse W., Thomas N. (2003). "Anatomy and biomechanics of the medial patellofemoral ligament." *The Knee* 10(3): 215-220.

Amis A., Oguz C., Bull A., Senavongse W., Dejour D. (2008). "The effect of trochleoplasty on patellar stability and kinematics: a biomechanical study in vitro." *The Bone and Joint Journal* 90(7): 864-869.

AO Foundation, Klassifikation der Patellafraktur. Lizenziert unter CC-BY- 4.0 <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.

Erhalten von [https://www.researchgate.net/publication/292142358\\_Current\\_concepts\\_review\\_Fractures\\_of\\_the\\_patella/figures?lo=1](https://www.researchgate.net/publication/292142358_Current_concepts_review_Fractures_of_the_patella/figures?lo=1) am 01.04.2020).

Atkin D.M., Fithian D. C., Marangi K. S., Stone M. L., Dobson B. E., Mendelsohn C. (2000). "Characteristics of patients with primary acute lateral patellar dislocation and their recovery within the first 6 months of injury." *The American Journal of Sports Medicine* 28(4): 472-479.

Beirer M., Fiedler N., Huber S., Schmitt-Sody M., Lorenz S., Biberthaler P., Kirchhoff C. (2015). "The Munich Knee Questionnaire: development and validation of a new patient-reported outcome measurement tool for knee disorders." *Arthroscopy* 31(8): 1522-1529.

Bernageau J., Goutallier A. (1976). "Notions classiques et nouvelles en radiologie fé-moro-patellaire." *Actualités rhumatologiques*, Expansion Scientifique Française, Paris: 200-206.

Besier T.F., Draper C.E., Gold G.E., Beaupré B.S., Delp S.L. (2005). "Patellofemoral joint contact area increases with knee flexion and weight-bearing." *Journal of Orthopedic Research* 23(2): 345-350.

Bevilaqua-Grossi D., Monteiro-Pedro V., Sousa G., Silva Z., Bérzin F. (2004). "Contribution to the anatomical study of the oblique portion of the vastus lateralis muscle." *Braz J Morphol Sci* 21(1): 47-52.

Biedert R.M.; Albrecht S. (2006). "The patellotrochlear index: a new index for assessing patellar height." *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy* 14(8): 707-712.

Blackburne J.S., Peel T.J. (1977). "A new method of measuring patellar height." *The Journal of Bone and Joint Surgery* 59(2): 241-242.

Boström Å. (1972). "Fracture of the patella: a study of 422 patellar fractures." *Acta*



Orthopaedica Scandinavica 43(sup143): 1-80.

Briggs K.K., Lysholm J., Tegner Y., Rodkey W.G., Kocher M.S., Steadman J.R. (2009). "The reliability, validity, and responsiveness of the Lysholm score and Tegner activity scale for anterior cruciate ligament injuries of the knee: 25 years later." *The American Journal of Sports Medicine* 37(5): 890-897.

Bruhin V.F., Preiss S., Salzman G.M., Harder L.P. (2016). "Frontal tendon lengthening plasty for treatment of structural patella baja." *Arthroscopy techniques* 5(6): e1395-e1400.

Carpenter J.E., Kasman R.A., Patel N., Lee M.L., Goldstein S.A. (1997). "Biomechanical evaluation of current patella fracture fixation techniques." *Journal of Orthopedic Trauma* 11(5): 351-356.

Catalano J.B., Iannaccone W.M., Marczyk S., Dalsey R.M., Deutsch L.S., Born C.T., Delong W.G. (1995). "Open fractures of the patella: long-term functional outcome." *Journal of Trauma and Acute Care Surgery* 39(3): 439-444.

Caton J., Deschamps G., Chambat P., Lerat J., Dejour H. (1982). "Les rotules basses. A propos de 128 observations." *Rev Chir Orthop* 68(5): 317-325.

Christen B., Jakob R.P. (1992). "Fractures associated with patellar ligament grafts in cruciate ligament surgery." *The Journal of Bone and Joint Surgery* 74(4): 617-619.

Collins N.J., Misra D., Felson D.T., Crossley K.M., Roos E.M. (2011). "Measures of knee function: International Knee Documentation Committee (IKDC) Subjective Knee Evaluation Form, Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS), Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score Physical Function Short Form (KOOS-PS), Knee Outcome Survey Activities of Daily Living Scale (KOS-ADL), Lysholm Knee Scoring Scale, Oxford Knee Score (OKS), Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index (WOMAC), Activity Rating Scale (ARS), and Tegner Activity Score (TAS)." *Arthritis Care & Research* 63(S11): S208-S228.

Dejour H., Walch G., Neyret P., Adeleine P.J. (1990). "Dysplasia of the femoral trochlea." *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot* 76(1): 45-54.

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

Arbeitskreis Traumarehabilitation Sektion Physikalische Therapie und Rehabilitation der DGOU (2017), "Nachbehandlungsempfehlungen".

Dillon C.F., Rasch E.K., Gu Q., Hirsch R.J. (2006). "Prevalence of knee osteoarthritis in the United States: arthritis data from the Third National Health and Nutrition

Examination Survey 1991-94." *The Journal of Rheumatology* 33(11): 2271-2279.

Dixit S., Difiori J.P., Burton M., Mines B.J. (2007). "Management of patellofemoral pain syndrome." *American Family Physician* 75(2): 194-202.

Dy C.J., Little M.T., Berkes M.B., Ma Y., Roberts T.R., Helfet D.L., Lorich D.G. (2012). "Meta-analysis of re-operation, nonunion, and infection after open reduction and internal fixation of patella fractures." *Journal of Trauma and Acute Care Surgery* 73(4): 928-932.

Eggink K.M., Jaarsma R.L. (2011). "Mid-term (2-8 years) follow-up of open reduction and internal fixation of patella fractures: does the surgical technique influence the outcome?" *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery* 131(3): 399-404.

Egund N., Lundin A., Wallengren N. (1988). "The vertical position of the patella: a new radiographic method for routine use." *Acta Radiologica* 29(5): 555-558.

Ellwein A., Lill H., DeyHazra R.O., Smith T., Katthagen J.C. (2019). "Outcomes after locked plating of displaced patella fractures: a prospective case series." *International Orthopaedics* 43(12): 2807-2815.

Ellwein A., Lill H., Jensen G., Gruner A., Katthagen J.C. (2017). "Die Plattenosteosynthese der Patellafraktur-Technik und erste Ergebnisse einer prospektiven Studie" *Der Unfallchirurg* 120(9): 753-760.

Farahmand F., Tahmasbi M., Amis A. (1998). "Lateral force – displacement behaviour of the human patella and its variation with knee flexion – a biomechanical study in vitro." *Journal of Biomechanics* 31(12): 1147-1152.

Fulkerson J.P. (2002). "Diagnosis and treatment of patients with patellofemoral pain." *The American Journal of Sports Medicine* 30(3): 447-456.

Galla M., Lobenhoffer P. (2005). "Patella fractures." *Der Chirurg; Zeitschrift für alle Gebiete der operativen Medizin* 76(10): 987-997.

Gardner M.J., Griffith M.H., Lawrence B.D., Lorich D.G. (2005). "Journal of Orthopedic Trauma 19(2): 118-123.

Grelsamer R.P., Meadows S. (1992). "The modified Insall-Salvati ratio for assessment of patellar height." *Clinical Orthopaedics and Related Research* (282): 170-176.

Gwinner C., Märdian S., Schwabe P., Schaser K.D., Krapohl B.D., Jung T.M. (2016). "Current concepts review: fractures of the patella." *GMS Interdisciplinary Plastic and Reconstructive Surgery DGPW* 5.

Hallisey M.J., Doherty N., Bennett W., Fulkerson J. (1987). "Anatomy of the junction of the vastus lateralis tendon and the patella." *The Journal of Bone and Joint*

Surgery. American volume 69(4): 545-549.

Heegaard J., Leyvraz P., Curnier A., Rakotomanana L., Huiskes R. (1995). "The biomechanics of the human patella during passive knee flexion." *Journal of Biomechanics* 28(11): 1265-1279.

Hepp W. (1984). "Zwei neue Methoden zur Bestimmung der Patellahöhe." *Zeitschrift für Orthopädie und ihre Grenzgebiete* 122(02): 159-166.

Hughes S.C., Stott P.M., Hearnden A.J. and Ripley L.G. (2007). "A new and effective tension-band braided polyester suture technique for transverse patellar fracture fixation." *Injury* 38(2): 212-222.

Hung L., Chan K., Chow Y., Leung P. (1985). "Fractured patella: operative treatment using the tension band principle." *Injury* 16(5): 343-347.

Hunt D.M., Somashekar N. (2005). "A review of sleeve fractures of the patella in children." *The knee* 12(1): 3-7.

Insall J., Salvati E. (1971). "Patella position in the normal knee joint." *Radiology* 101(1): 101-104.

Irrgang J.J., Anderson A.F., Boland A.L., Harner C.D., Kurosaka M., Neyret P., Richmond J.C., Shelborne K.D. (2001). "Development and validation of the international knee documentation committee subjective knee form." *The American Journal of Sports Medicine* 29(5): 600-613.

Janssen G. (1978). "Zur Ätiologie der Patellaluxation." *Z Orthop* 116(5): 656-666.

Kannus P. (1992). "Long patellar tendon: radiographic sign of patellofemoral pain syndrome – a prospective study." *Radiology* 185(3): 859-863.

Kaufer H. (1971). "Mechanical function of the patella." *Journal of Bone and Joint Surgery* 53(8): 1551-1560.

Kirkley A., Griffin S., Whelan D. (2007). "The development and validation of a quality of life-measurement tool for patients with meniscal pathology: the Western Ontario Meniscal Evaluation Tool (WOMET)." *Clinical Journal of Sport Medicine* 17(5): 349-356.

Koval K.J., Kim Y.H. (1997). "Patella fractures. Evaluation and treatment." *The American Journal of Knee Surgery* 10(2): 101-108.

Kraus T., Švehlík M., Singer G., Schalamon J., Zwick E., Linhart W. (2012). "The epidemiology of knee injuries in children and adolescents." *Archives of Orthopedic and Trauma Surgery* 132(6): 773-779.

Kujala U.M., Jaakkola L.H., Koskinen S.K., Taimela S., Hurme M., Nelimarkka O. (1993). "Scoring of patellofemoral disorders." *Arthroscopy* 9(2): 159-163.

Larsen P., Vedel J.O., Vistrup S., Elsoe R. (2016). "Incidence and epidemiology of patellar fractures." *Orthopedics* 39(6): e1154-e1158.

Lawrence R.C., Felson D.T., Helmick C.G., Arnold L.M., Choi H., Deyo R.A., Gabriel S., Hirsch R., Hochberg M.C., Hunder G.G. (2008). "Estimates of the prevalence of arthritis and other rheumatic conditions in the United States: Part II." *Arthritis and Rheumatology* 58(1): 26-35.

Lazaro L.E., Cross M.B., Lorich D.G. (2014). "Vascular anatomy of the patella: implications for total knee arthroplasty surgical approaches." *The Knee* 21(3): 655-660.

LeBrun C.T., Langford J.R., Sagi H.C. (2012). "Functional outcomes after operatively treated patella fractures." *Journal of Orthopaedic Trauma* 26(7): 422-426.

Levack B., Flannagan J., Hobbs S. (1985). "Results of surgical treatment of patellar fractures." *The journal of bone and joint surgery* 67(3): 416-419.

Lieb F.J., Perry J.J. (1971). "Quadriceps function: an electromyographic study under isometric conditions." *Journal of Bone and Joint Surgery* 53(4): 749-758.

Lippert M.J., Paar O.J. (1987). "Patellofemorale Druck- und Kontaktflächenmessungen bei Jägerhutpatella." *Z für Orthopädie und Unfallchirurgie* 125(06): 679-686.

Lotke P.A., Ecker M.L. (1981). "Transverse fractures of the patella." *Clinical Orthopaedics and Related Research* (158): 180-184.

Luna-Pizarro D., Amato D., Arellano F., Hernández A., López-Rojas P. (2006). "Comparison of a technique using a new percutaneous osteosynthesis device with conventional open surgery for displaced patella fractures in a randomized controlled trial." *Journal of Orthopedic Trauma* 20(8): 529-535.

Lysholm J., Gillquist J. (1982). "Evaluation of knee ligament surgery results with special emphasis on use of a scoring scale." *The American Journal of Sports Medicine* 10(3): 150-154.

McMahon S.E., LeRoux J.A., Smith T.O., Hing C.B. (2016). "The management of the painful bipartite patella: a systematic review." *Sports Traumatology, Arthroscopy* 24(9): 2798-2805.

Mehdi M., Husson J., Polard J., Ouahmed A., Poncer R., Lombard J.(1999). "Treatment results of fractures of the patella using pre-patellar tension wiring. Analysis of a series of 203 cases." *Acta Orthopaedica Belgica* 65(2): 188-196.

Melvin S.J., Mehta S. (2011). "Patellar fractures in adults." *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons* 19(4): 198-207.

Ménétreay J., Putman S., Gard S. (2014). "Return to sport after patellar dislocation or following surgery for patellofemoral instability." *Sports Traumatology, Arthroscopy* 22(10): 2320-2326.

Mereddy P.K., Hakkalamani S. (2010). "Implant removal following surgical stabilization of patella fracture." *Orthopedics* 33(5): 301-301.

Monk A., Doll H., Gibbons C., Ostlere S., Beard D., Gill H., Murray D. (2011). "The patho-anatomy of patellofemoral subluxation." *The Journal of Joint and Bone Surgery* 93(10): 1341-1347.

Moore T.B., Sampathi B.R., Zamorano D.P., Tynan M.C., Scolaro J.A. (2018). "Fixed angle plate fixation of comminuted patellar fractures." *Injury* 49(6): 1203-1207

Nelitz M., Dreyhaupt J., Reichel H., Woelfle J., Lippacher S. (2013). "Anatomic reconstruction of the medial patellofemoral ligament in children and adolescents with open growth plates: surgical technique and clinical outcome." *The American Journal of Sports Medicine* 41(1): 58-63.

Neyret P., Robinson A., Le Coultre B., Lapra C., Chambat P. (2002). "Patellar tendon length—the factor in patellar instability?" *The Knee* 9(1): 3-6.

Nomura E., Inoue M., Kurimura M. (2003). "Chondral and osteochondral injuries associated with acute patellar dislocation." *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic and Related Surgery* 19(7): 717-721.

Ntagiopoulos P.G., Byn P., Dejour D. (2013). "Midterm results of comprehensive surgical reconstruction including sulcus-deepening trochleoplasty in recurrent patellar dislocations with high-grade trochlear dysplasia." *The American Journal of Sports Medicine* 41(5): 998-1004.

Ortiguera C.J., Berry D.J. (2002). "Patellar fracture after total knee arthroplasty." *Journal of Bone and Joint Surgery* 84(4): 532-540.

Patella SuturePlate™ II, Firma Arthrex; Erhalten von <https://m.arthrex.com/de/weiterfuehrende-informationen/op-Anleitungen/GOWAfOi7P0ec-QFj0EaT7w/patella-sutureplate-ii-3-mm-system> am 01.04.2020)

Paradowski P.T., Bergman S., Sundén-Lundius A., Lohmander L.S., Roos E.M. (2006). "Knee complaints vary with age and gender in the adult population. Population-based reference data for the Knee injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS)." *BMC musculoskeletal disorders* 7(1): 38.

Phillips C., Silver D., Schranz P., Mandalia V. (2010). "The measurement of patellar height: a review of the methods of imaging." *The Journal of Bone and Joint Surgery*

92(8): 1045-1053.

Powers C.M., Ward S.R., Fredericson M., Guillet M., Shellock F.G. (2003). "Patellofemoral kinematics during weight-bearing and non-weight-bearing knee extension in persons with lateral subluxation of the patella: a preliminary study." *Journal of Orthopedic and Sports Physical Therapy* 33(11): 677-685.

Roos E.M., Roos H.P., Lohmander L.S., Ekdahl C., Beynnon B. (1998). "Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS) - development of a self-administered outcome measure." *Journal of Orthopedic and Sports Physical Therapy* 28(2): 88-96.

Roos E.M., Toksvig-Larsen S. (2003). "Knee injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS)–validation and comparison to the WOMAC in total knee replacement."

*Health and Quality of Life Outcomes* 1(1): 17.

Salsich G.B., Brechter J.H., Farwell D., Powers C.M. (2002). "The effects of patellar taping on knee kinetics, kinematics, and vastus lateralis muscle activity during stair ambulation in individuals with patellofemoral pain." *Journal of Orthopedic and Sports Physical Therapy* 32(1): 3-10.

Sandmeier R.H., Burks R.T., Bachus K.N., Billings A. (2000). "The effect of reconstruction of the medial patellofemoral ligament on patellar tracking." *The American Journal of Sports Medicine* 28(3): 345-349.

Sayum Filho J., Lenza M., Teixeira de Carvalho R., Pires O.G., Cohen M., Belloti J. (2015). "Interventions for treating fractures of the patella in adults." *Cochrane Database of systematic reviews: Intervention*.

Schuett D.J., Hake M.E., Mauffrey C., Hammerberg E.M., Stahel P.F., Hak D.J. (2015). "Current treatment strategies for patella fractures." *Orthopedics* 38(6): 377-384.

Schünke et al., Prometheus: Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem, S. 434, 2. Auflage 2009.

Schünke et al., Prometheus: Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem, S. 413, 2. Auflage 2009.

Seil R., Müller B., Georg T., Kohn D., Rupp S. (2000). "Reliability and interobserver variability in radiological patellar height ratios." *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy* 8(4): 231-236.

Seil R., Rupp S., Kohn D. (2000). "Die Beurteilung der Patellahöhe." *Das patellofemorale Schmerzsyndrom*. Springer: 66-77.

Sørensen K.H. (1964). "The late prognosis after fracture of the patella." *Acta orthopaedica scandinavica* 34(1-3): 198-212.

Speck M., Regazzoni P.J. (1994). "Classification of patellar fractures." *Zeitschrift für Unfallchirurgie und Versicherungsmedizin* 87(1): 27-30.

Stefanik J., Zhu Y., Zumwalt A., Gross K., Clancy M., Lynch J., Frey Law L., Lewis C., Roemer F., Powers C. M. et al.(2010). "Association between patella alta and the prevalence and worsening of structural features of patellofemoral joint osteoarthritis: the multicenter osteoarthritis study." *Arthritis Care and Research* 62(9): 1258-1265.

Stefanik J.J., Guermazi A., Zhu Y., Zumwalt A.C., Gross K.D., Clancy M., Lynch J.A., Segal N.A., Lewis C.E., Roemer F.W. (2011). "Quadriceps weakness, patella alta, and structural features of patellofemoral osteoarthritis." *Arthritis Care & Research* 63(10): 1391-1397.

Tegner Y., Lysholm J. (1985). "Rating systems in the evaluation of knee ligament injuries." *Clinical Orthopedics and Related Research* (198): 43-49.

Tian Q., Hai Y., Du X., Xu Z., Lu T., Shan L., Liu Y., Zhou J.(2015). "Comparison of tension-band wiring with the cable pin system in patella fractures: a randomized prospective study." *Journal of Orthopedic Trauma* 29(12): e459-e463.

Torchia M.E., Lewallen D.G. (1996). "Open fractures of the patella." *Journal of Orthopaedic Trauma* 10(6): 403-409.

Upadhyay N., Vollans S.R., Seedhom B.B., Soames R.W. (2005). "Effect of patellar tendon shortening on tracking of the patella." *The American Journal of Sports Medicine* 33(10): 1565-1574.

Vedel J.O., Vistrup S., Larsen P., Elsoe R. (2018). "Altered long-term health-related quality of life in patients following patella fractures: a long-term follow-up study of 49 patients." *European Journal of Trauma and Emergency Surgery* 44(5): 707-716.

Ward S.R., Terk M.R., Powers C.M. (2007). "Patella alta: association with patellofemoral alignment and changes in contact area during weight-bearing." *Journal of Bone and Joint Surgery* 89(8): 1749-1755.

Waryasz G.R, McDermott A.Y. (2008). "Patellofemoral pain syndrome (PFPS): a systematic review of anatomy and potential risk factors." *Dynamic Medicine* 7(1): 9.

Weale A., Murray D., Newman J., Ackroyd C. (1999). "The length of the patellar tendon after unicompartmental and total knee replacement." *Journal of Bone and Joint Surgery* 81(5): 790-795.

Weinstabl R., Scharf W., Firbas W.(1989). "The extensor apparatus of the knee joint and its peripheral vasti: anatomic investigation and clinical relevance." *Surgical and Radiologic Anatomy* 11(1): 17-22.

Wenzl M.E., Krause T., Fuchs S., Jürgens C. (2002). "Arthroskopische Evaluation

intraartikulärer Begleitverletzungen bei Kniegelenkfrakturen." Trauma und Berufskrankheit 4(2): 185-189.

Wild M., Khayal T., Miersch D., Windolf J., Hakimi M. (2008). "Dynamic cerclage wiring of patellar fractures. Complications and midterm functional results." Der Unfallchirurg 111(11): 892-897.

Wright P., Kosmopoulos V., Cote R., Tayag T., Nana A.D. (2009). "FiberWire® is superior in strength to stainless steel wire for tension band fixation of transverse patellar fractures." Injury 40(11): 1200-1203.

Wurm S., Augat P., Bühren V. (2015). "Biomechanical assessment of locked plating for the fixation of patella fractures." Journal of Orthopedic Trauma 29(9): e305-e308.

Wurm S., Bühren V., Augat P. (2018). "Treating patella fractures with a locking patella plate-first clinical results." Injury 49(1): S51-S55.

Yotsumoto T., Nishikawa U., Ryoke K., Nozaki K., Uchio Y. (2009). "Tension band fixation for treatment of patellar fracture: novel technique using a braided polyblend sutures and ring pins." Injury 40(7): 713-717.

Zhang Y., Xu Z., Zhong W., Liu F., Tang J. (2018). "Efficacy of K-wire tension band fixation compared with other alternatives for patella fractures: a meta-analysis." Journal of Orthopaedic Surgery and Research 13(1): 226.



## 8. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Anatomische Abbildung der knöchernen Strukturen des Kniegelenkes (Schünke et al., S.434, 2009).

Abbildung 2: Anatomischer Querschnitt des Femoropatellargelenkes, zentral ist die Trochlea femoris abgebildet (Schünke et al., S.413, 2009).

Abbildung 3: Beschreibung der Frakturmorphologie der Patella nach AO in extraartikuläre, partiell artikuläre und komplett intraartikuläre Patellafrakturen. Die extraartikulären Frakturen werden noch in distale und proximale Polfrakturen bzw. laterale und mediale Frakturen eingeteilt (AO Foundation, 2020).

Abbildung 4: Das konventionelle Röntgen eines Kniegelenks in 2 Ebenen zeigt eine Patellafraktur nach Typ AO.34-C1 Fraktur (a,b). Nach operativer Versorgung mittels K-Draht Osteosynthese (c,d), zeigt sich eine stufenfreie Rekonstruktion des patellofemorales Gelenkanteils.

Abbildung 5: Darstellung einer gering dislozierten medialen Patellalängsfraktur (AO.34- B2) im CT-Knochenfenster in koronarer (a) und axialer (b) Schichtdarstellung.

Abbildung 6: Röntgenaufnahme des rechten Kniegelenkes in 2 E (a,b): Zustand nach minimal-invasiver perkutaner Schraubenosteosynthese einer medialen Patellalängsfraktur mit Zeichen einer fortgeschrittenen knöchernen Konsolidierung der Fraktur (nach 3 Monaten) ohne Hinweis auf eine sekundäre Implantatdislokation bzw. –lockerung.

Abbildung 7: Spezielles Modell der winkelstabilen Plattenosteosynthese mit einer zusätzlichen „Hakenvorrichtung“ zur Behandlung einer distalen Patellapolfaktur. Diese Frakturform kann zusätzlich durch eine vertikal aufsteigende Zugschraube komprimiert werden (Patella SuturePlate™ II, arthrex.com, 2020).

Abbildung 8: Die Röntgenaufnahme des linken Kniegelenkes in 2E (a,b) zeigt eine Patellatrümmerfraktur mit retropatellarer Dislokation und Stufenbildung sowie Dehiszenz der Frakturfragmente zentral.

Abbildung 9: Detailliertere Darstellung des Frakturausmaßes der Trümmerzone in der CT-Bildgebung im Knochenfenster. In der coronaren Schnittbildebene (a,b) zeigt sich eine mehrfragmentierte Patella mit querverlaufenden Frakturlinien und einer großen Fragmentdehiszenz zentral. Die axiale Darstellung (c) zeigt ein nach medial disloziertes Fragment. Die zusätzlich sagittale Ebene (d) weist eine Gelenkflächeninkongruenz mit einem zentral imprimierten Anteil auf.

Abbildung 10: Die Röntgenaufnahme des linken Kniegelenkes in 2E (a,b) zeigt 12 Wochen

postoperativ eine regelrecht fortgeschrittene Konsolidierung der Trümmerfraktur ohne sekundäre Dislokation bzw. Implantatlockerung. Das distale Polfragment ist durch die distalen Schrauben stabil gefasst.

## 9. Diagrammverzeichnis

Diagramm 1.: Verteilungsmuster nach Einteilung der Frakturmorphologie nach AO.

Diagramm 2: Überblick der Verteilung der operativen Versorgungsmodalitäten.

Diagramm 3: Mittelwert (MW) des MKQ (%) unterteilt nach Frakturmorphologie gemäß AO - Klassifikation und Einteilung in Quer- oder Trümmerfraktur.

Diagramm 4: Beziehung zwischen BMI (x-Achse) und MKQ (in %, y-Achse).

Diagramm 5: Verteilung der Zufriedenheit nach Verletzung einer Patellafraktur.

Diagramm 6: Evaluation des Sportniveaus nach Rückkehr zum Sport nach Patellafraktur.

Diagramm 7: Quantitativer Überblick der überwiegend ausgeübten Sportarten.

Diagramm 8: Funktionelles Outcome bei Patella baja und Patella alta im Vergleich.

Diagramm 9: Verteilung der Fraktur Klassifikation nach AO-Einteilung. Überwiegend Typ AO34-C3.2 Frakturen wurden mittels Plattenosteosynthese (vertikales Verteilungsmuster der MKQ Werte) versorgt. Die Y-Achse beschreibt den % Wert im MKQ.

Diagramm 10: Verteilung der Frakturen nach AO - Klassifikation mit K – Draht Osteosynthese

(vertikales Verteilungsmuster der MKQ Werte).

Diagramm 11: Frakturverteilung nach AO - Klassifikation und Versorgung jeweils mittels K – Draht Osteosynthese (Z) oder Plattenosteosynthese (P) (vertikales Verteilungsmuster der MKQ Werte).

Diagramm 12: Verteilung der Frakturen nach AO - Klassifikation mit Versorgung durch Schraubenosteosynthese.

Diagramm 13: Verteilung der MKQ - Funktionswerte in Bezug zur Frakturschwere nach AO - Klassifikation bei nachgewiesener Patella baja (Insall - Salvati Index).

Diagramm 14: Verteilung der MKQ - Funktionswerte in Bezug zur Frakturschwere nach AO - Klassifikation bei nachgewiesener Patella alta (Insall - Salvati Index).

Diagramm 15: MKQ - Mittelwerte (%) der verschiedenen angewandten Versorgungsmodalitäten.

Diagramm 16: Verteilung der Funktionswerte des MKQ nach Versorgungsmodalität mit einer gemessenen Patella alta nach Insall-Salvati.

Diagramm 17: Verteilung der Funktionswerte des MKQ nach Versorgungsmodalität mit einer gemessenen Patella baja nach Insall-Salvati.

## 10. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Auflistung der Operationsmodalität und OP-Anzahl im Verhältnis zur Frakturklassifikation nach AO.

## 12. Danksagung

Mein ausdrücklicher Dank gilt meinen Eltern für die unendliche Unterstützung in meinem medizinischen Werdegang. Des Weiteren möchte ich meiner Partnerin dafür danken, dass sie mich in allen Lebenslagen unterstützt und immer mit motivierenden Worten zur Seite steht. Ich möchte meiner Arbeitsgruppe und im Speziellen apl. Prof. Dr. Chlodwig Kirchhoff meinen ausdrücklichen Dank aussprechen. Ohne diese langjährige Unterstützung wäre die Ausfertigung dieser Studienarbeit nicht möglich gewesen. Als Betreuer stand er mir immer mit wegweisendem Rat und exzellenter Tat zur Seite. Meinem Mentor Univ. Prof. Dr. Peter Biberthaler möchte ich mit ausdrücklicher Betonung Dank aussprechen. Die Realisierung dieser Einzelstudie konnte nur im Rahmen des Pilotprojekts zur Gründung eines Frakturregisters an der Klinik und Poliklinik für Unfallchirurgie der TU München am Klinikum rechts der Isar erfolgen.