

Aus der Klinik für Unfall- und Handchirurgie
Der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf
Direktor: Univ.- Prof. Dr. med. J. Windolf

Erste klinische Ergebnisse nach winkelstabiler Plattenosteosynthese der Patella nach Patellafraktur

- Eine klinische Studie -

Dissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin
der Medizinischen Fakultät der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

vorgelegt von
Kai Fischer

Düsseldorf 2018

Als Inauguraldissertation gedruckt mit Genehmigung der
Medizinischen Fakultät der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

gez.:

Dekan: Univ.-Prof. Dr. med. Nikolaj Klöcker

Erstgutachter: Prof. Dr. med. Michael Wild

Zweitgutachter: Prof. Dr. med. Rotem Shlomo Lanzman

Danksagung

Ganz herzlich danken möchte ich meinem Doktorvater Herrn Prof. Dr. med. M. Wild, durch den diese Arbeit erst ermöglicht wurde. Sein außergewöhnliches Engagement wie auch seine unermüdliche Geduld und Hilfsbereitschaft waren stets beispiellos. Seine wertvollen Anregungen und Ratschläge habe ich immer sehr geschätzt.

Diese Arbeit widme ich meinen beiden wundervollen Söhnen Julian und Fabian sowie meiner geliebten Frau Sonja, die mich während der gesamten Dauer der Anfertigung dieser Arbeit uneingeschränkt unterstützt haben.

Teile dieser Arbeit wurden veröffentlicht:

„Treating patella fractures with a fixed-angle patella plate – A prospective observational study“

Wild M, **Fischer K**, Hilsenbeck F, Hakimi M, Betsch M
Injury. 2016;47(8):1737-1743

Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung/Abstract.....	1
2	Einleitung	4
2.1	Anatomie des Kniegelenkes	6
2.2	Funktion der Patella	8
2.3	Biomechanik des Patellofemoralgelenkes	9
2.4	Geschichte der Versorgung der Patellafraktur	11
2.5	Patellafrakturen	14
2.6	Geschichte der winkelstabilen Plattenosteosynthese	21
2.7	Aktuelle Operationsverfahren zur Behandlung der Patellafraktur	25
2.7.1	Einfache Schraubenosteosynthese	25
2.7.2	Klassische Zuggurtungsosteosynthese	25
2.7.3	Modifizierte Zuggurtungsosteosynthese	25
2.7.4	Kombinierte Schrauben- und Zuggurtungsosteosynthese	26
2.7.5	Partielle Patellectomie	27
2.7.6	Totale Patellectomie	27
2.8	Hypothese	27
3	Patienten, Material und Methodik	28
3.1	Untersuchte Patienten	28
3.2	Material und Methodik	28
3.3	Datenerhebung	31
3.3.1	Modifizierter Score nach Lysholm und Gillquist	32
3.3.2	Aktivitätsscore nach Tegner und Lysholm	34
3.3.3	HSS Score	35
3.3.4	Patella-Score nach Turba et al.	37
3.3.5	Modifizierter Oxford Knee Score	38
3.3.6	Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS)	41
3.3.7	Böstman Score	46
3.3.8	Iowa Knee Evaluation Score	47
4	Ergebnisse	49
4.1	Demographische Daten	49
4.2	Score nach Lysholm und Gillquist	50
4.3	Aktivitätsscore nach Tegner und Lysholm	51

4.4	HSS Score	52
4.5	Patella-Score nach Turba et al.	53
4.6	Modifizierter Oxford Knee Score	55
4.7	Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS)	56
4.8	Böstman Score	63
4.9	Iowa Knee Evaluation Score	64
4.10	Radiologische Ergebnisse	65
4.11	Funktionelle Ergebnisse	66
4.12	Subjektive Bewertung durch die Patienten	66
4.13	Komplikationen	67
5	Diskussion	68
5.1	Schlussfolgerung.....	78
6	Literaturverzeichnis	79
7	Abbildungsverzeichnis	92
8	Tabellenverzeichnis	93

Abkürzungen

°	Grad
%	Prozent
A.	Arteria
Aa.	Arteriae
Abb.	Abbildung
AO	Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen
a.p.	Anterior-posterior
BG	Berufsgenossenschaft
bzw.	Beziehungsweise
ca.	Circa
cm	Zentimeter
et al.	et alia
HSS	Hospital for Special Surgery Rating System
K-Draht	Kirschnerdraht
kg	Kilogramm
KOOS	Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score
Lig.	Ligamentum
LPFL	Laterales patello-femorales Ligament
M.	Musculus
mm	Millimeter
MPFL	Mediales patello-femorales Ligament
N	Newton
Nr.	Nummer
o.g.	Oben genannte(r)
PFJR	Patello-femoral joint reaction

ROM	Range of motion
sog.	Sogenannte(s)
TEP	Totalendoprothese
u.a.	Unter anderem
WOMAC	Western Ontario and McMaster Universities

1 Zusammenfassung

Patellafrakturen stellen mit einem Anteil von 0,5 – 1,5% aller Frakturen ein eher seltenes Verletzungsbild dar. Die operative Therapie von Kniescheibenbrüchen ist nach wie vor mit einer relativ hohen Rate von 22-30% an Implantat assoziierten Komplikationen wie Cerclagebrüchen oder Drahtmigrationen sowie sekundären Repositionsverlusten mit Frakturdehiszenzen und Gelenkstufen behaftet. Revisionsoperationen mit Entfernung der Kirschner Drähte sind bei bis zu 65% der Fälle nötig. Die Entwicklung winkelstabiler Implantate hat die Primärstabilität des Osteosynthesematerials im Knochen in den letzten Jahren deutlich verbessert und die Implantatgröße reduzieren können. Dies haben biomechanische und klinische Studien inzwischen eindrucksvoll bewiesen. Aus diesem Grund wurde in Zusammenarbeit mit der Fa. Königsee ein winkelstabiles polyaxiales Implantat für die Patella entwickelt, welches in biomechanischen Studien 4-fach stabiler als eine Zuggurtungsosteosynthese und 2-fach stabiler als eine kanülierte Schraubenosteosynthese mit Zuggurtung war. Ziel dieser Studie war es, diese neu entwickelte winkelstabile, polyaxiale Patellaplatte in der klinischen Anwendung prospektiv zu beobachten und erste Ergebnisse zu bewerten.

Im Rahmen dieser Arbeit wurden im Zeitraum von 2011 – 2014 bei 19 Patienten insgesamt 20 Patellafrakturen mit dieser winkelstabilen polyaxialen Patellaplatte operativ versorgt. Die Patienten wurden über den Zeitraum von einem Jahr prospektiv beobachtet und abschließend klinisch, funktionell, radiologisch sowie anhand von insgesamt 8 bekannten und in der Literatur gängigen Knie Scores bewertet.

14 Frauen und 6 Männer mit einem Durchschnittsalter von 64,5 Jahren (18 – 93) wurden in die Studie eingeschlossen. Der Bewegungsumfang des betroffenen Kniegelenkes betrug nach einem Jahr 125,75°. Der Score nach Lysholm und Gillquist lag bei 89,5 Punkten. Der Aktivitätsscore nach Tegner und Lysholm reduzierte sich postoperativ um 0,2 Punkte auf 3,2 Punkte. Der HSS Score lag im Mittel bei 92 Punkten. Bei der Auswertung des Patellascore nach Turba et al. erreichten die Patienten durchschnittlich 2 Punkte. Die mittlere Punktzahl des modifizierten Oxford Knee Score betrug 41,5 Punkte. Bei der Bewertung mit dem

Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score erreichten die Studienteilnehmer im Mittel 86,3%. Der Böstman Score ergab durchschnittlich 27,4 Punkte. Beim Iowa Knee Evaluation Score lag der Durchschnitt bei 87,7 Punkten. Zwei der Patienten erlitten eine Komplikation: eine Wundheilungsstörung sowie eine Materiallockerung.

Die operative Behandlung von Patellafrakturen mit winkelstabiler polyaxialer Patellaplatte scheint ein sicheres, effektives und im Vergleich zu anderen Methoden komplikationsarmes Verfahren zu sein. Die Rate an postoperativen Implantat abhängigen Schmerzen ließ sich, wie auch die Pseudarthroserate im Vergleich zu anderen Studien deutlich reduzieren. Auch konnten die Patienten aufgrund der hohen Primärstabilität postoperativ deutlich aktiver nachbehandelt werden, eine postoperative Ruhigstellung des Kniegelenkes war nicht erforderlich. Bei entsprechender Indikationsstellung stellt diese Art der Versorgung aus unserer Sicht eine gute Behandlungsalternative dar. Dennoch sollte bei höhergradigen Mehrfragmentfrakturen der Einsatz der Patellaplatte kritisch geprüft werden, um die Möglichkeiten des Verfahrens nicht zu überschreiten.

Abstract

Patellar fractures represent a rather infrequent lesion with an incidence of 0.5 – 1.5% of all fractures. The operative treatment of patellar fractures is still associated with a relatively high rate of 22 – 30% of implant-related complications such as wire breakage or wire migration as well as secondary loss of reduction resulting in fracture gaps and joint steps. Revision operations with removal of Kirschner wires are necessary in up to 65% of all cases. In recent years the development of angle-stable implants has significantly improved the primary stability of implants in the bone and reduced the implant size. This has been impressively proven by biomechanical and clinical studies. An angle-stable polyaxial implant for the patella was developed in cooperation with Königsee, which in biomechanical studies was 4 times more stable than a cannulated screw osteosynthesis combined with tension wiring. The aim of this prospective study was to prove this new developed angle-stable, polyaxial patella plate in clinical application and to survey first results.

Between 2011 and 2014 nineteen patients with 20 patellar fractures were treated operatively with a angle-stable polyaxial patella plate. These were examined prospectively over a period of one year and finally evaluated clinically, functionally, radiologically and by 8 well known and generally accepted knee scores.

14 women and 6 men with an average age of 64.5 years (18 – 93) were included in the study. The range of motion of the affected knee joint was 125.75° after one year. The Lysholm and Gillquist score was 89.5 points. The Tegner and Lysholm activity score decreased post-operatively by 0.2 points to 3.2 points. The HSS score averaged 92 points. In the evaluation of the patella score of Turba et al. the patients reached 2 points. The mean score of the modified Oxford Knee score was 41.5 points. In the evaluation with the Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score, the study participants achieved an average of 86.3%. The Böstman score showed an average of 27.4 points. The Iowa Knee Evaluation score averaged 87.7 points. Two of the patients suffered a complication: a wound healing disorder as well as a implant dislocation.

The surgical treatment of patella fractures with an angle-stable polyaxial plate seems to be a safe, effective and a method with a low complication rate compared to other methods. The rate of postoperative implant-related pain, as well as the nonunion rate, were reduced compared to other studies. Due to higher primary stability a more active rehabilitation was allowed postoperatively. Postoperative immobilization of the knee joint in a leg brace was not necessary. Given the appropriate indication, this type of care is, from our point of view, a good treatment alternative. However, the use of the patella plate should be critically evaluated in the case of higer-grade multiple-fragment fractures in order not to exceed the possibilities of the method.

2 Einleitung

Bezogen auf die Gesamtzahl aller Frakturen ist die Fraktur der Patella mit einer Häufigkeit von 0,5-1,5% eine eher seltene Verletzung. Der Altersgipfel liegt zwischen dem 20. und 50. Lebensjahr. Dabei sind Männer etwa doppelt so häufig betroffen wie Frauen.^[15,92] Bedingt durch ihre Lage ist die Patella einem erhöhten Verletzungsrisiko, insbesondere bei direkter Krafteinwirkung ausgesetzt.

Patellafrakturen entstehen hauptsächlich durch ein direktes Anpralltrauma gegen das gebeugte Kniegelenk, indirekte Traumen wie die plötzliche Beugung bei kontrahiertem M. quadriceps femoris sind als Verletzungsursache von untergeordneter Bedeutung. Patellafrakturen können außerdem als Komplikation nach Patellarsehnentransplantatentnahme zur Kreuzbandersatzplastik sowie nach Implantation einer Kniegelenkprothese (insbesondere bei einem TEP-Wechsel) auftreten.^[6,10,13,15,114]

Differentialdiagnostisch ist als anatomische Variation eine Patella bipartita oder multipartita abzugrenzen. Diese liegt in der Regel im oberen lateralen Anteil und bleibt meist asymptomatisch. Die Inzidenz liegt bei 2-6%, wobei die Patella bipartita oder multipartita in der Hälfte der Fälle beidseits vorhanden ist.^[159]

Die funktionelle Bedeutung der Patella als größtes Sesambein des menschlichen Körpers besteht in ihrer Funktion als Hypomochlion für die Sehne des M. quadriceps femoris zur kraftvollen Streckung des Beines, um den aufrechten Stand und Gang gegen die Schwerkraft bei minimalem Kraftaufwand zu gewährleisten. Dabei verstärkt sie die Kraft des M. quadriceps femoris um 30%.^[74] Zudem spielt die Kniescheibe eine große Rolle als Bremse beim Beugen des Kniegelenks, wobei die auftretenden Zugkräfte in Kompressionskräfte umgewandelt werden. Diese Tatsache erleichtert das Treppenherunter- und Bergabgehen deutlich.^[8,66,80]

Eine Operationsindikation besteht bei Patellaquerfrakturen mit Dislokationen oder Stufenbildungen der Gelenkfläche von ≥ 2 mm, offenen Frakturen, instabilen Frakturen, Trümmerfrakturen, osteochondralen Frakturen mit intraartikulären Fragmenten sowie bei ausgefallenem Reservestreckapparat.^[13,15,17, 25,52, 57,105,127,]

Alle Osteosynthesen der Patella unterliegen starken Biege- und Zugkräften. Selbst alltägliche Belastungen wie Treppengehen oder in die Hocke gehen üben das 3,3 bis 7,6 fache Körpergewicht auf das Femoropatellargelenk aus.^[119]

Neben der mechanischen Belastung gestaltet sich insbesondere bei Trümmerfrakturen die stufenfreie artikuläre Reposition aufgrund der anatomischen Verhältnisse und der zur Verfügung stehenden Osteosynthesematerialien schwierig. Obwohl Patellafrakturen zu den ersten knöchernen Verletzungen gehören, die mit offener Reposition und interner Stabilisierung operativ behandelt worden sind, stehen bis heute mehrere zum Teil konkurrierende Operationsverfahren wie Zuggurtungsosteosynthesen, Schraubenosteosynthesen oder deren Kombination zur Verfügung, wobei die modifizierte Drahtzuggurtung weltweit als „dynamisches“ Standardverfahren für die Patellafraktur und vergleichbare unter starkem Muskelzug klaffende Brüche gilt. Diese wird bei einfachen Querbrüchen der Patella jedoch, aufgrund der höheren biomechanischen Stabilität, zunehmend durch die kombinierte kanülierte Schrauben-Zuggurtungsosteosynthese ersetzt.^[8,10,24,25,32,92,150] Trotzdem ist die Zuggurtungsosteosynthese ein komplikationsträchtiges Operationsverfahren. Sehr häufig treten Implantat assoziierte Komplikationen wie Cerclagebrüche oder Drahtmigrationen sowie sekundäre Repositionsverluste mit Frakturdehiszenzen und Gelenkstufen in 22-30% der Fälle auf. Revisionsoperationen mit Entfernung der Kirschner Drähte sind bei bis zu 65% der Fälle nötig.^[13-15,26,55,65,89,133,145,158,171]

Die Entwicklung winkelstabiler Implantate in den letzten Jahren hat die Primärstabilität des Osteosynthesematerials im Knochen deutlich verbessert und die Implantatgröße reduzieren können. Dies haben viele biomechanische und klinische Studien inzwischen eindrucksvoll bewiesen.^[43,126] Aus diesem Grund wurde eine winkelstabile polyaxiale Plattenosteosynthese für die Patella entwickelt und biomechanisch untersucht. Hier konnte gezeigt werden, dass die Patellaplatte 4-fach stabiler als eine Zuggurtungsosteosynthese und 2-fach stabiler als eine kanülierte Schraubenosteosynthese mit Zuggurtung ist.^[157] Zudem kam es bei der Verwendung der Patellaplatte unter zyklischer Testung zu keinem Repositionsverlust im Vergleich zu den beiden anderen Verfahren.^[142] Weiterhin verspricht die Plattenosteosynthese der Patella eine bessere Schonung des Patellastreckapparates als die konkurrierenden Verfahren.^[157] Aufgrund dieser biomechanisch überragenden

Ergebnisse wird die neu entwickelte winkelstabile Patellaplatte seit kurzem klinisch zur operativen Versorgung bei Patellafrakturen eingesetzt.

2.1 Anatomie des Kniegelenks

Das Kniegelenk (lat. *Articulatio genus*) ist das größte Gelenk des menschlichen Körpers. Hierbei bilden Oberschenkelknochen (Femur), Schienbein (Tibia) sowie die Kniescheibe (Patella) knöchernen Gelenkpartner.

Das Kniegelenk muss eigentlich als ein zusammengesetztes Gelenk betrachtet werden. Einerseits besteht es aus dem Kniescheibengelenk (*Articulatio femoropatellaris*), welches von den aufeinandertreffenden Enden zwischen Oberschenkelknochen und Kniescheibe gebildet wird, weiterhin dem Kniekehlgelenk (*Articulatio femorotibialis*), welches zwischen den aneinandergrenzenden Enden von Oberschenkelknochen und Schienbeinkopf (*Caput tibiae*) liegt. Streng anatomisch gesehen gehört das Gelenk zwischen proximalem Schienbein und dem proximalen Anteil des Wadenbeins (Fibula) (*Articulatio tibiofibularis*) ebenfalls zum Kniegelenk.^[90]

Betrachtet man die knöchernen Strukturen und Gelenkflächen näher, so fällt ein enger Kontakt der Knochenpartner zueinander auf. Die Kontaktflächen sind wie alle Gelenkflächen im menschlichen Körper mit einer Schicht aus hyalinem Knorpel überzogen.^[90]

Verstärkt wird das Kniegelenk durch einen ausgeklügelten Kapsel-Bandapparat.^[90] Neben den Kreuzbändern und den Kollateralbändern spielen hier das mediale patello-femorale Ligament (MPFL) sowie das laterale patello-femorale Ligament (LPFL) eine vordergründige Rolle.

Das Femur endet distal mit dem *Condylus femoris lateralis* sowie dem *Condylus femoris medialis*. Dazwischen liegt dorsalseitig die *Fossa intercondylaris*. Die Knorpelschicht der Condylen ist dünner als die der Kniescheibe. Auf der ventralen femoralen Gelenkfläche verläuft eine flache Gleitrinne für die Patella, die sog. *Facies patellaris femoris*. Diese wird in zwei Facetten unterteilt, wobei die äußere etwas größer ist und insbesondere bei Flexion mehr Druck aufnehmen kann.^[90]

Das proximale tibiale Ende besteht ebenfalls aus zwei Condylen, dem Condylus tibiae lateralis und dem Condylus tibiae medialis. Dazwischen befindet sich die Eminentia intercondylaris. Die gesamte craniale Fläche der Tibia bildet das sog. Tibiaplateau, welches wiederum die caudale Gelenkfläche des Articulatio genus bildet.^[46]

Die Patella ist ein dreieckig, zum Teil auch als „kartenherzförmig“ beschriebener, geformter eigenständiger Knochen.^[90] Sie ist etwa 4 bis 5 Zentimeter lang und breit sowie circa 2 bis 3 Zentimeter dick.^[62] In der Ansatzsehne des Musculus quadriceps femoris eingelagert liegt sie als Sesambein ventralseitig Femur und Tibia an. Am caudalen Anteil, der sog. Apex patellae entspringt aus den Fasern des Musculus quadriceps femoris das Ligamentum patellae.^[46,62] In Extensionsstellung generieren das Ligamentum patellae und die Quadrizepssehne einen nach lateral offenen Winkel von etwa 160°. Den Komplementärwinkel bezeichnet man als „Q-Winkel“. Dieser nimmt mit zunehmender Flexion kontinuierlich ab und erreicht dort zuletzt 180°. Die seitliche Führung der Patella wird durch die in unterschiedliche Richtungen verlaufenden Fasern der Retinacula, in welche partiell die Musculi vastus medialis und lateralis verstärkend einstrahlen, gewährleistet.^[62] Diese liegen als Retinaculum patellae (longitudinale) laterale sowie als Retinaculum patellae (longitudinale) mediale beidseits der Patella an und enden mit ihren Ansätzen am Condylus medialis und lateralis der Tibia.^[71] Ebenso wie das Ligamentum patellae intensivieren sie die Stabilität der Kniegelenkkapsel und bilden den Reservestreckapparat des Kniegelenks.^[81] Auf der dorsalseitig gelegenen Facies articularis patellaris findet sich ein vertikal verlaufender First mit einem ventralen Öffnungswinkel von 100 bis 140°, welcher die Patellarrückfläche in zwei Facetten unterteilt. Die retropatellar gelegene hyaline Knorpelschicht überzieht mit Ausnahme der Apex die gesamte Rückfläche der Patella. Mit bis zu sechs Millimetern ist sie damit die dickste Knorpelschicht des menschlichen Körpers.^[41,62,90,101] Durch einen weiteren chondralen vertikal verlaufenden First kann der mediale Anteil der medialen Facette in ein zusätzliches Flächensegment – das sogenannte „Odd facet“ nach *Wiberg* 1941 - untergliedert werden.^[155] Weitere vertikale teils inkonstante Firste lassen eine Unterteilung der Patellarrückfläche in bis zu sieben Flächensegmente zu. Bei Betrachtung der Horizontalebene präsentiert sich die mediale Facette eher konvex, die laterale Facette überwiegend geringfügig konkav gekrümmt. In der Vertikalebene ist der

Verlauf der subchondralen Patellarückfläche deutlich konkav. Teilweise findet sich eine zentrale Delle. Die chondrale Patellarückfläche zeigt sich weitgehend Plan, variiert jedoch zum Teil zwischen dezenter Konvexität und Konkavität.

Die Artikulation zwischen Patella und der Facies articularis femoris, welche auch als „Trochlea“ oder „Patellagleitlager“ bezeichnet wird, findet bis 90° Flexion statt. Bei Beugung über 90° artikuliert die Patella zunehmend mit den divergierenden Femurkondylen. Bei maximaler Flexion sinkt die Patella bei lediglich peripherem Kontakt partiell zwischen den Femurkondylen ein. Durch deren Rollgleitbewegung sowie einer konstanten Länge des Ligamentum patellae beträgt die relativ zurückgelegte Wegstrecke der Patella zum Femur bei Durchführung einer kompletten Flexionsbewegung des Kniegelenkes zwischen sechs und sieben Zentimeter.^[62]

Die Blutversorgung der Patella erfolgt aus einem extra- und einem intraossären System.^[11,75,124] Das extraossäre System besteht aus einem von 6 Hauptarterien gespeistem Anastomosenkreislauf. Dazu zählen die A. genus descendens, A. superior medialis genus, A. superior lateralis genus, A. inferior medialis genus, A. inferior lateralis genus und die A. tibialis anterior recurrens. Das intraossäre System besteht aus zwei Hauptgruppen. Die erste Gruppe tritt an der Vorderseite im mittleren Drittel der Patella ein. Die zweite Gruppe entspringt aus den Polgefäßen, welche aus den Aa. Inferiores genus gespeist werden. Der überwiegende Anteil der Patella wird aus inferioren Gefäßen versorgt.

2.2 Funktion der Patella

Der Patella kommt im Kniegelenk eine besondere Bedeutung zu. Die funktionelle Bedeutung der Patella als größtes Sesambein des menschlichen Körpers besteht in ihrer Funktion als Hypomochlion für die Sehne des M. quadriceps femoris zur kraftvollen Streckung des Beines, um den aufrechten Stand und Gang gegen die Schwerkraft bei minimalem Kraftaufwand zu gewährleisten. Zudem spielt die Kniescheibe eine große Rolle als Bremse beim Beugen des Kniegelenks, wodurch das Treppenherunter- und Bergabgehen deutlich erleichtert werden. Ihre Hauptaufgabe ist die Verlängerung des Hebelarms und daraus resultierend eine

Erhöhung des Drehmoments des Musculus quadrizeps femoris, indem sie die Distanz seiner Kraftwirkungslinie vom Bewegungszentrum des Kniegelenks erhöht. Weiterhin dient sie der Führung der Patellarsehne und reduziert den ossären Widerstand derselben bei der Gleitbewegung über den Knochen.^[90]

2.3 Biomechanik des Patellofemoralgelenkes

Als wichtiger Bestandteil des Streckapparates des Kniegelenks verstärkt die Patella durch Anheben des Extensionsapparates aus der Rotationsachse des Kniegelenks nachweisbar die Kraft des Musculus quadrizeps femoris um 30 Prozent.^[74] Hierbei werden die Zugkräfte des Muskels über die Quadrizepssehne auf die Patella übertragen und schließlich mit Hilfe des Ligamentum patellae auf die Tuberositas tibiae weitergeleitet. Zudem wird das erreichbare Drehmoment in der Endphase der Extension erhöht.^[74,138]

Der biomechanische Benefit dieser Anordnung besteht in einer Vorverlagerung und einer daraus resultierenden Vergrößerung des Hebelarms des Musculus quadrizeps femoris, insbesondere bei nur leicht gebeugtem Kniegelenk.^[66,138] Eine Änderung des Insertionswinkels am Ansatz der Quadrizepssehne von bis zu 35° lässt sich bei Extension bzw. Flexion beobachten, während der Insertionswinkel des Ligamentum patellae nahezu unverändert bleibt. Die femorale Gelenkfläche der Trochlea ist die entscheidende Komponente zur Stabilisierung der Position der Patella bei Beugung im Kniegelenk von mehr als 30°. Damit ist sie bei der Flexionsbewegung der bestimmende Faktor für die mediolaterale Translation der Patella entlang der Trochlea.^[138] Als ein Bestandteil des passiven Stabilisationsapparates beeinflussen die Retinacula patellae insbesondere bei initialer Flexion die Patellabewegung.^[2] Eine laterale Dislokation der Kniescheibe wird durch das Ligamentum patellofemorale mediale gehemmt, welches ebenfalls zu den passiven Stabilisatoren zählt. Bei Durchtrennung desselben kommt es in der Folge zu ausgeprägten Alterationen der Patellabewegung bei Beugung bzw. Streckung.^[38] Bei einer durchschnittlichen Länge von 55 mm und 3-30 mm Breite offenbart es eine erstaunliche Zugfestigkeit von 280 N.^[3] Die laterale Dislokation wird weiterhin durch den aktiven Zug des Musculus vastus medialis obliquus gehemmt. Einer nach medial gerichteten Dislokation der Patella wird durch von lateral in die Patella einstrahlende Anteile aus dem Tractus iliotibialis entgegengewirkt.^[2]

Der Patella kommt zudem eine besondere Rolle bei der Resistenz der Flexion im Kniegelenk zu.^[66] Speziell beim Herabsteigen von Treppenstufen oder beim Bergabgehen wird die Beugung im Kniegelenk durch die Patella abgebremst, indem sie die auftretenden Zugkräfte in Kompressionskräfte umwandelt und wie eine Bremsbacke wirkt.^[8,80] Dies bezeichnet man auch als „patellofemorale Gelenkreaktion“ (*PFJR*, „patello-femoral joint reaction“).

Im Rahmen der Flexionsbewegung gleitet die Patella im Verhältnis zur femoralen Komponente durchschnittlich um 66 mm nach distal, wobei man eine maximale Verschiebung von etwa 9,5 mm bei einem Flexionswinkel von 30-40° und eine minimale Verschiebung von etwa 5,4 mm bei einem Beugungswinkel von 80-90° feststellt.^[152] In vivo zeigt sich ein steigender intraossärer Druck bei zunehmender Beugung.^[59] Die im patellofemorale Gleitlager auftretenden Kompressionskräfte lassen sich durch eine Anhebung des Ansatzes an der Tuberositas tibiae um 1 cm durchschnittlich um 17 Prozent verringern, wohingegen die Variation der medialen und lateralen Verteilung der Last experimentell biomechanisch nicht voraussehbar ist.^[131] Weiterhin hat sich gezeigt, dass eine Veränderung des Ansatzpunktes des Ligamentum patellae nach medial zu einer vermehrten Druckbelastung der medialen und verringerten Druckbelastung der lateralen retropatellaren Gelenkfläche führt.^[82]

Im Rahmen des natürlichen Bewegungsablaufs der Patella zeigt sich zunächst eine nach medial gerichtete Verschiebung, der sogenannte „shift“. Unmittelbar anschließend daran findet bei zunehmender Beugung von etwa 15-40° eine nach lateral gerichtete Verlagerung statt.^[72] Zeitgleich findet sich bei der Beugebewegung im Kniegelenk von 0-75° unter Belastung eine Kippung der Patella nach lateral, der sogenannte „tilt“, welcher sich bei Beugung über 75° eine Kippung nach medial anschließt. Die durchschnittliche Kippung der patellaren Achse misst 6°, die durchschnittliche patellare Rotation 8°. Das größte Ausmaß der Kippung findet sich jedoch erst bei höhergradiger Flexion.^[110]

Um ihrer gewünschten Funktion gerecht zu werden, muss die Patella ausgesprochen starken Kräften widerstehen. Insbesondere beim Bergabgehen wirkt das 3,3 – 7,6-fache des eigenen Körpergewichtes an Druck auf das Femoropatellargelenk.^[92]

Es wird im Allgemeinen davon ausgegangen, dass der Heilungsprozess der Patellafraktur zwischen 8 und 12 Wochen dauert. Während dieser Zeit wird das Knie schätzungsweise etwa 100.000 mal belastet.^[16]

Diese Voraussetzungen stellen hohe Anforderungen an jede Form der Osteosynthese, welche zur Versorgung der Patellafraktur verwendet wird.

2.4 Geschichte der Versorgung der Patellafraktur

Ohne therapeutische Versorgung bedeutete noch vor nicht allzu langer Zeit eine dislozierte Patellafraktur eine ausgeprägte Funktionseinschränkung des Beines. Auch wenn der entstandene Kraftverlust des Musculus quadriceps femoris partiell durch den aktiven Teil des Reservestreckapparates (Musculus psoas sowie die Adduktoren) aufgefangen werden kann und das Laufen inklusive Treppen steigen meist irgendwie möglich ist, so fallen die Patienten dennoch durch ein typisches Gangbild auf.^[48] Hierbei ist es den Patienten nicht möglich einen Schritt zu absolvieren ohne einen gewissen Flexionsgrad im betroffenen Kniegelenk aufzuweisen. Weiterhin müssen beim Treppabgehen nach jedem Schritt jeweils beide Füße auf der Stufe abgestellt werden. Neben einer allgemeinen Gang- und Standunsicherheit sind die Patienten zudem nicht in der Lage das gestreckte Bein von einer Unterlage anzuheben. Die Rückbildung des M. quadriceps femoris ist zudem eine logische Konsequenz. Nicht zuletzt wegen immer wieder auftretender Gelenkergüsse und teils rezidivierender, teils permanenter Knieschmerzen sind zumeist Hilfsmittel nötig um die Bewältigung der Alltagsbelastung zu gewährleisten.^[154] Weite Wege oder beispielsweise Klettern können häufig nicht mehr gemeistert werden. Junge Patienten sind in der Regel weniger eingeschränkt, was sich aber mit zunehmendem Alter nicht zuletzt wegen der Atrophie der Muskulatur verschärft.^[67] Bevor die operative Versorgung der Patellafraktur in Erwägung gezogen wurde, verwendete man zur Therapie spezielle Streckverbände. Diese lieferten zwar beim Vorliegen von unverschobenen Brüchen der Kniescheibe zufriedenstellende Resultate, bei dislozierten Patellafrakturen war das Ergebnis jedoch aufgrund des vorhandenen Verlustes an Kraft und Beweglichkeit in aller Regel alles andere als akzeptabel. Dies führte dazu, dass die Patellafraktur mit zu den ersten operativ behandelten Knochenbrüchen zählt.^[146] Im 19. Jahrhundert

startete Malgaigne mit der von ihm entworfenen Agraffe erste Anstrengungen Implantate perkutan einzubringen um einen Kontakt der Frakturrenden zu erreichen.^[94] Das zur damaligen Zeit revolutionäre Verfahren war jedoch nur dann durchführbar, wenn der Frakturspalt nicht durch Weichteilmaterial blockiert wurde, da ansonsten keine knöcherne Heilung erfolgen konnte.^[154] Vor dem Bekanntwerden der Asepsis kam es im Falle einer Arthrotomie häufig zu katastrophalen Folgen. So werden beispielsweise Amputationen bis hin zur Exartikulation der Hüfte oder im Extremfall ein Versterben der Patienten in Folge einer Sepsis beschrieben. Daher scheuten viele Operateure bei Vorliegen einer dislozierten Patellafraktur die invasive Therapie und wählten zumeist ein konservatives Vorgehen.^[49,67,154] Wichtige Thesen zur antiseptischen Wundbehandlung wurden erstmals von Lord Lister aufgestellt. Einige gelungene offene Operationen von Kniescheibenbrüchen trugen maßgeblich zur Untermauerung seiner Thesen bei. Hierbei wurde die erste von Erfolg gekrönte Operation einer Patellafraktur von dem aus Glasgow stammenden und für ihn tätigen Chirurgen Dr. Hector Cameron am 5. März 1877 vorgenommen. Lord Lister zog in gleicher Weise im Oktober desselben Jahres nach. Einige Jahre später operierte er eine Patellafraktur und präsentierte schließlich seine Ergebnisse im Oktober 1883 vor der Medical Society in London. Lord Lister vertrat aufgrund der bei mangelnder Hygiene hohen Infektions- und Komplikationsrate die These, dass lediglich Kollegen, die sich sicher waren aseptisch Arbeiten zu können den Eingriff vornehmen sollten.^[67] Das von Dr. Cameron und Lord Lister verwendete Verfahren der offenen Reposition und Fixierung mittels Draht war bis zum Ende des 19. Jahrhunderts das Standardverfahren zur operativen Versorgung der Patellafraktur. Trotz alledem war es zur damaligen Zeit ein insgesamt komplikationsbehaftetes Verfahren. Neben Infektionen werden unter anderem ein Durchschneiden sowie häufige Brüche des Drahtes beschrieben, weswegen die Methode in Verruf geriet.^[56] Als Alternative zu dem bis dahin verwendeten Draht fanden sich verschiedenste Vorschläge, so auch Catgut,^[144] Wolle,^[91] Känguruhsehne oder Faszientransplantate^[53,87]. Weiterhin wurde der Einsatz von Quadrizepssehnenstreifen,^[111] einer doppelten Stiffixation^[5] oder knöcherne Transplantate in „H-Form“ in Erwägung gezogen.^[1] Die Operateure, die weiterhin mit Draht arbeiteten, setzten Drähte aus Silber, Phosphobronze, Schmiedeeisen und im Verlauf Edelstahl ein.^[103] Keine der alternativ vorgeschlagenen Verfahren war in der Lage die Fraktur angemessen zu stabilisieren, weshalb das betroffene Knie bis zur Konsolidierung des Bruches ruhiggestellt

werden musste. Die Folge war neben einem Abbau der Muskulatur und daraus resultierender Knieschwäche häufig ein Beugedefizit, was wiederum zu einer massiven Verlängerung der Rehabilitationsphase bis zum Erlangen einer zufriedenstellenden Gelenkfunktion führte. Weitere häufige Komplikationen waren Refrakturen und Pseudarthrosen.^[37,56,69] Neben der osteosynthetischen Versorgung der Patellafraktur stand als weiteres Operationsverfahren die Entfernung der Kniescheibe, die Patellektomie zur Verfügung. Diese wurde jedoch lediglich in Ausnahmefällen bei Vorliegen einer Trümmerfraktur angewendet. Im Jahr 1909 publizierte Heineck eine Auswertung von mehr als 1000 operativ versorgten Patellafrakturen, von denen etwa 1 Prozent patellektomiert worden war. Neben einem wesentlichen Kraftverlust des Musculus quadrizeps femoris verliert das Kniegelenk durch die Entfernung der Kniescheibe einen wichtigen Faktor zum Schutz der Femurkondylen. Er folgerte, dass die Patellektomie lediglich als äußerste Maßnahme in Betracht kommen sollte.^[63] Dennoch wurde die operative Entfernung der Kniescheibe knapp zwanzig Jahre später regelhaft durchgeführt und empfohlen. Im Jahr 1925 rief Ludloff sogar explizit dazu auf nach einem Bruch der Kniescheibe eine Patellektomie durchzuführen, nicht zuletzt wegen des teils doch eindrücklichen Kraft- und Funktionsverlustes in Folge einer ausgedehnten Ruhigstellung postoperativ.^[93] Mit dieser Empfehlung sollte er nicht der einzige Befürworter bleiben. Auch Blodgett sprach 1936 von einigen Patellektomien mit exzellentem Outcome, wohingegen weniger als 50% von 35 klassisch operierten Patellafrakturen ein gutes Ergebnis aufwiesen.^[12] Der überwiegende Anteil der von Watson-Jones und West patellektomierten Patienten schienen äußerst zufriedenstellende Ergebnisse aufzuweisen.^[149,153] Nachdem Blodgett bereits 1937 über gute Resultate nach Entfernung der Kniescheibe referierte, wobei einige Patienten ohne Kniescheibe sogar bessere Ergebnisse als vor Patellektomie aufwiesen, befürworteten Watson-Jones und West seine These, dass die Patella lediglich ein entwicklungsgeschichtliches Überbleibsel im Prozess des Verschwindens sei. Zu diesem Schluss kam er durch den Vergleich der Kniescheibe bei unterschiedlichen Tierspezies. Es fiel auf, dass die Patella kleiner wurde, je agiler eine Tierart war. Das Känguru besaß sogar gar keine Kniescheibe. Er war der Meinung ohne Kniescheibe käme es auch beim Menschen zu einer verbesserten Kraft und Geschwindigkeit, worin ihn seine operativen Ergebnisse festigten.^[20,21] In den ersten Jahrzehnten des 20. Jahrhunderts stieg die Patellektomie nach weiteren zufriedenstellenden

Resultaten schließlich zum Standardverfahren auf.^[37,125,128] Andere Quellen erhärteten aber den Verdacht, dass die Patellektomie nicht leichtfertig durchgeführt werden sollte. Der hohe Stellenwert der Patella, die funktionell eine Verlängerung des Hebelarms des Musculus quadrizeps femoris darstellt, wurde durch Theorien von Maquet und Experimente von Haxton untermauert.^[60,97] In weiteren Experimenten belegte Kaufer, dass die Kraft des Musculus quadrizeps femoris nach Patellektomie lediglich noch 70-85% beträgt.^[74] Watkins stellte ebenfalls einen Kraftverlust nach Patellektomie fest, auch wenn Schmerzen danach häufig gelindert seien.^[148] Tierexperimentelle Versuche am Kaninchen und auch am Hund zeigten progrediente Verschleißerscheinungen der Kniegelenke nach Patellektomie.^[22,29,35,54] Nachdem weitere klinische Studien zu einer zunehmenden Skepsis gegenüber der operativen Entfernung der Kniescheibe führten, äußerte schließlich Fairbank seinen Verdruss bezüglich der überwiegend schlechten bis nahezu katastrophalen Resultate nach Patellektomie.^[45] Auch nach Angaben von Scott hatten von mehr als 100 patellektomierten Patienten lediglich 10% keine Schmerzen und 40% kein Gefühl der Instabilität. Gerade einmal fünf Prozent waren ohne Einschränkung im betroffenen Kniegelenk.^[128] Nachdem auch andere wie beispielsweise Mishra oder Peeples überwiegend negative Ergebnisse nach Patellektomie schilderten, fanden sich zunehmend Anhänger der Patella erhaltenden Therapie. Aktuell stellt sie das Operationsverfahren der Wahl dar. Manche Verfasser empfehlen aufgrund des negativen funktionellen Outcomes selbst Trümmerfrakturen der Patella erhaltend zu versorgen.^[13,20,21,104,116] Friedrich Pauwels führte 1958 ein bereits aus dem Stahlbetonbau bekanntes Verfahren - die Zuggurtung - in der Frakturbehandlung ein. Er erkannte die Umwandlung von Zug- in Kompressionskräfte, welche durch die Drahtschlinge an der Patella unter Last gewährleistet wird.^[151] Im weiteren Verlauf wurde dieses Verfahren u.a. durch Weber und die Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen bis zur modifizierten Zuggurtungsosteosynthese weiterentwickelt und stellt heute eines der Standardverfahren in der operativen Versorgung von Patellafrakturen dar.^[70,150]

2.5 Patellafrakturen

Gemessen an der Gesamtheit aller Frakturen stellt die Patellafraktur mit einem Anteil von 0,5-1,5% ein eher seltenes Ereignis dar.^[15,92] Männer sind etwa doppelt so häufig

betroffen wie Frauen. Der Altersgipfel liegt zwischen dem 30. und 60. Lebensjahr. Der Verletzungsmechanismus ist in der Regel ein direkter Anprall bei gebeugtem Kniegelenk. Beispielhaft lässt sich hier das sogenannte „*dashboard-injury*“, also der Anprall mit dem gebeugten Kniegelenk am Armaturenbrett des PKW beim Verkehrsunfall nennen. Eine Patellafraktur tritt im Rahmen eines Verkehrsunfalls in bis zu 78% der Fälle auf.^[9] Bei schweren Stürzen findet sich die Patellafraktur bei bis zu 72% der betroffenen Patienten.^[158] In Verbindung mit Totalendoprothesen des Kniegelenkes treten Brüche der Kniescheibe in 0,68-21% auf, wobei ein Ersatz der Patellarückfläche und Revisionsendoprothesen klar risikoführend sind.^[114] Das Risiko in der Folge einer Ersatzplastik des vorderen Kreuzbandes bei Verwendung der autologen Patellarsehne eine Patellafraktur zu erleiden liegt bei unter 1%.^[28]

Die Diagnose einer Patellafraktur wird anhand der Anamnese, der klinischen Untersuchung und entsprechender Bildgebung gestellt. In vielen Fällen findet sich neben einer ausgeprägten Ergussbildung und Weichteilschwellung ein tastbarer Frakturspalt. Selbst bei klaffendem Frakturspalt kann durch den möglicherweise noch intakten Reservestreckapparat, bestehend aus den Retinacula, dem Tractus iliotibialis und den Adduktoren, eine Streckfähigkeit, wenn auch geringer ausgeprägt, vorhanden sein.^[80] Differenzialdiagnostisch können eine Ruptur des Lig. patellae oder der Quadrizepssehne, eine Luxation der Patella, eine Verletzung des Kapsel-Band-Apparats, eine Hyperkompression der Patella, ein Patellaspitzensyndrom oder eine einfache Knieprellung ein ähnliches klinisches Bild verursachen.^[52]

Gesichert wird die Diagnose bei sicheren wie auch bei fehlenden sicheren Frakturzeichen durch Röntgenaufnahmen des betroffenen Kniegelenks in 2 Ebenen sowie einer Tangentialaufnahme der Patella zur besseren Darstellung von Längsfrakturen.

Zur Einteilung der Patellafraktur stehen mit der AO-Klassifikation, der Einteilung nach Speck und Regazzoni, der Einteilung nach Rogge et al sowie der Einteilung nach Klute und Meenen vier gebräuchliche Klassifikationen zur Verfügung.

Zunächst lassen sich Patellafrakturen relativ einfach in Längs-, Quer-, Mehrfragment- und osteochondrale Frakturen einteilen. Zudem unterscheidet man zwischen offenen

und geschlossenen sowie dislozierten und nicht dislozierten Patellafrakturen. Rogge et al. unterteilen die Patellafraktur in sieben verschiedene Typen, abhängig lediglich von Frakturrichtung und Lokalisation. Zunächst werden die obere Polfraktur (Typ 1) und die untere Polfraktur (Typ 2) unterschieden. Als Typ 3 Fraktur ist die Querfraktur definiert. Längsfrakturen werden durch den Typ 4 näher beschrieben. Hierbei unterteilt man weiter in eine mediale (Typ 4a), eine laterale (Typ 4b) und eine zentrale (Typ 4c) Längsfraktur. Schließlich erfasst die Klassifikation nach Rogge et al. die aus mehr als 2 Fragmenten bestehende Sternfraktur (Typ 5), die Mehrfragmentfraktur (Typ 6) und zuletzt die Trümmerfraktur (Typ 7) der Patella.^[120]

Sehr gebräuchlich ist die sogenannte „AO-Klassifikation“, also die Einteilung der Patellafrakturen nach der Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen. Diese unterscheidet Frakturen vom Typ A bis C, wobei der Schweregrad und somit das Ausmaß der Destruktion aufsteigend zunimmt. Als A-Frakturen bezeichnet man ausschließlich extraartikuläre Frakturen, wohingegen der Frakturspalt bei den B-Frakturen partiell intraartikulär und bei den C-Frakturen vollständig intraartikulär liegt (siehe Abb. 1).

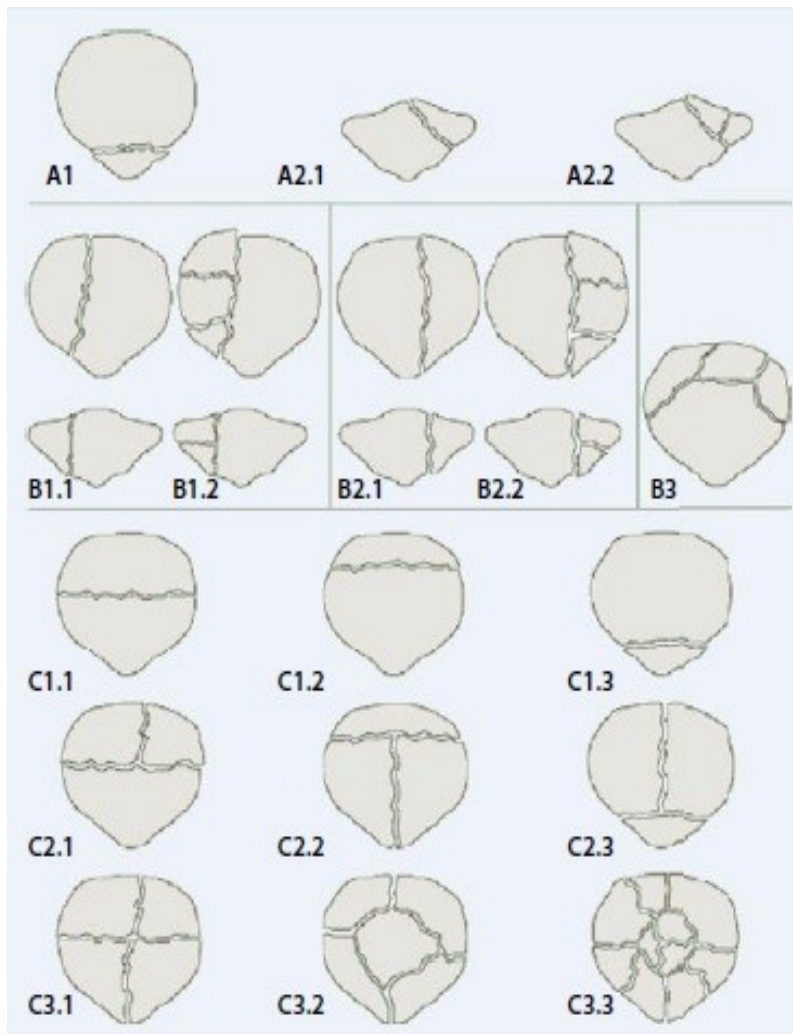


Abbildung 1: AO-Klassifikation der Patellafraktur. AO Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen^[52]

Die Einteilung nach Speck und Regazzoni weist eine gewisse Ähnlichkeit zur AO-Klassifikation auf. Auch sie gliedert die Frakturen grob in Typ A bis C Frakturen. Anders als bei der AO-Klassifikation unterscheidet sie Längsfrakturen (Typ A), Querfrakturen (Typ B) und Mehrfragmentfrakturen (Typ C). Jede der 3 Hauptgruppen lassen sich in jeweils drei Untergruppen weiter unterteilen. Als A1-Fraktur bezeichnet man eine nicht dislozierte, als A2-Fraktur eine dislozierte Längsfraktur der Patella. Findet sich ein Zusatzfragment liegt definitionsgemäß eine A3-Fraktur vor. Bei einem Abriss eines Fragments des oberen Pols kleiner 5 mm oder des unteren Pols größer 15 mm spricht man von einer B1-Fraktur. Die B2-Fraktur bezeichnet die einfache Patellaquerfraktur. Liegt eine doppelte Querfraktur oder eine Querfraktur mit Zusatzfragment vor wird sie als B3-Fraktur bezeichnet. Als C1-Fraktur gilt eine nicht

dislozierte mehrfragmentäre Fraktur. Bei Berstung mit Vorliegen einer Dislokation der Fragmente von weniger als 2 mm liegt definitionsgemäß eine C2-Fraktur, bei Dislokation von mehr als 2 mm eine C3-Fraktur vor (siehe Abb. 2).^[136]

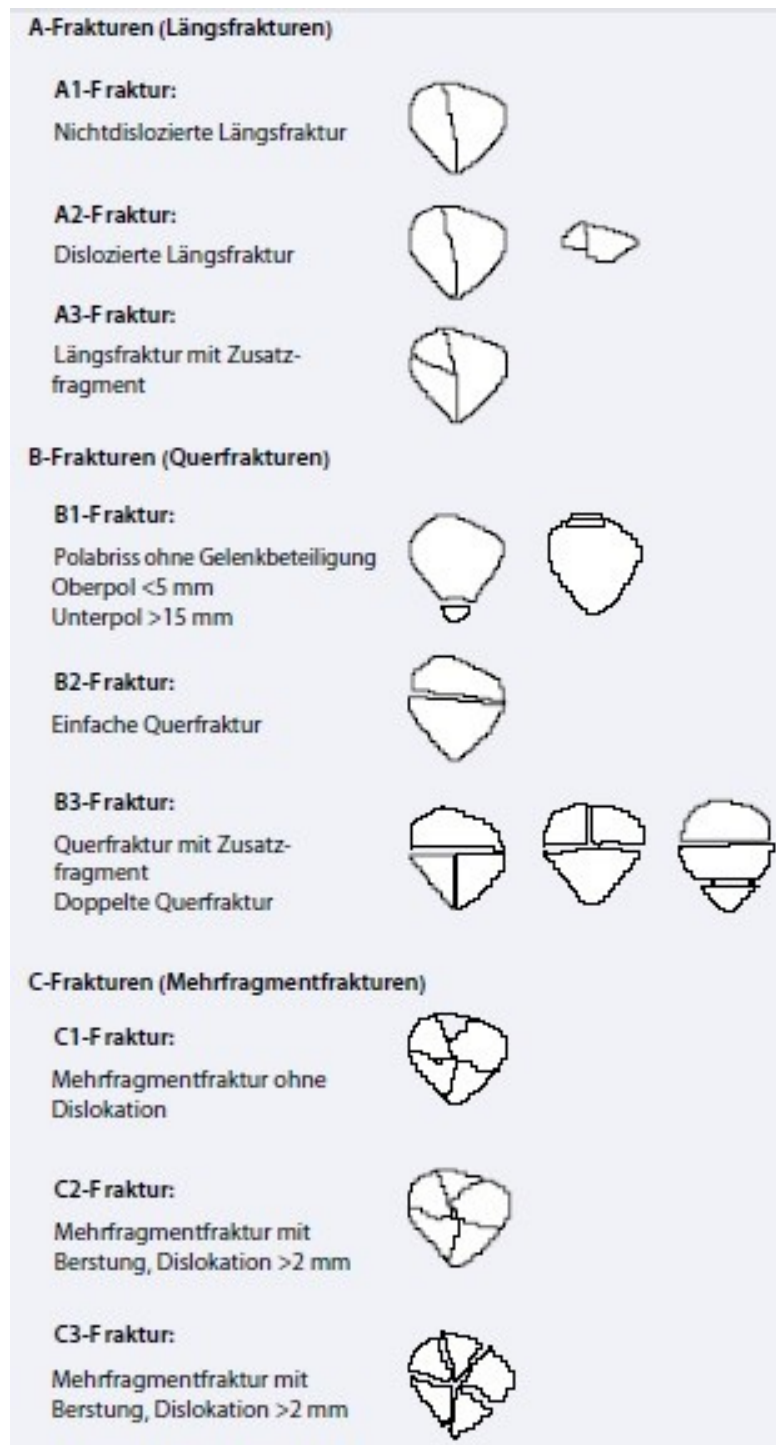


Abbildung 2: Einteilung der Patellafraktur nach Speck und Regazzoni^[159]

Eine im klinischen Alltag ebenfalls weit verbreitete Klassifikation ist die Einteilung nach Klute und Meenen. Sie unterscheidet die einfache Querfraktur der Patella von der einfachen Schräg- und Längsfraktur. Zudem beinhaltet sie neben der Abrissfraktur beziehungsweise dem Polausriss die aus mehr als zwei Fragmenten bestehende Mehrfragment- und Trümmerfraktur (siehe Abb. 3).^[78]

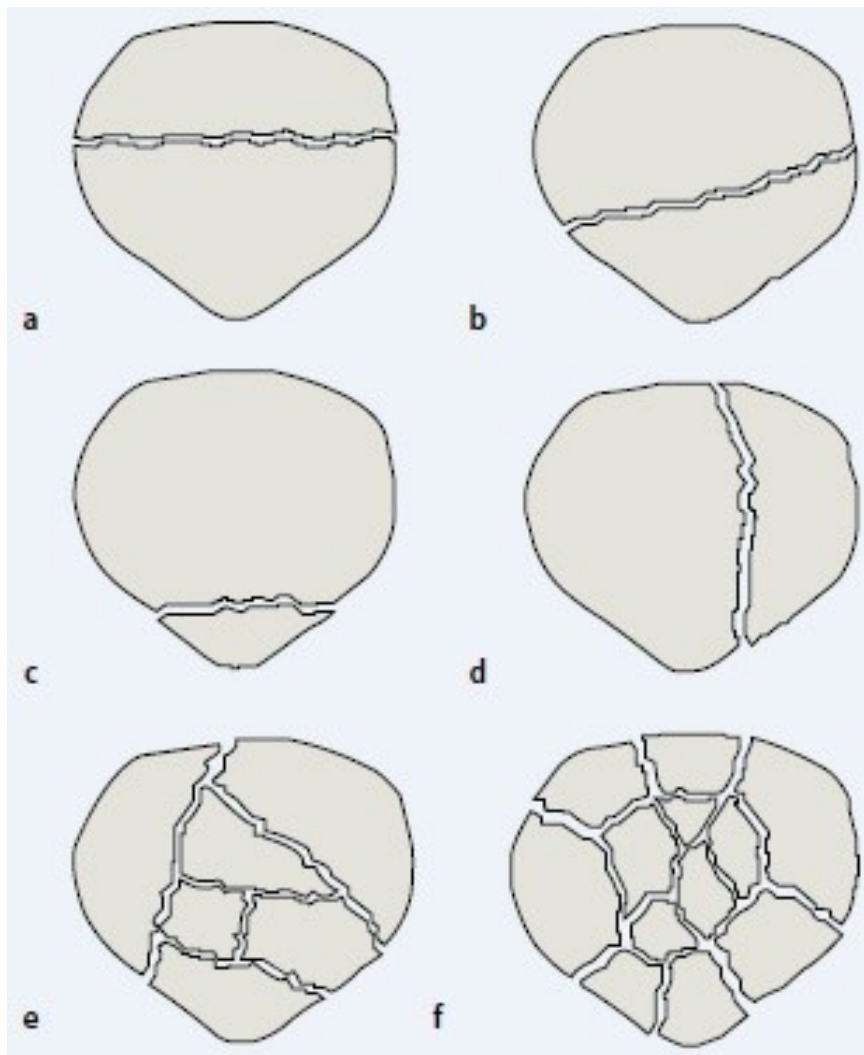


Abbildung 3: Einteilung der Patellafraktur nach Klute und Meenen. a) einfache Querfraktur, b) einfache Schrägfraktur, c) Abrissfraktur/Polausriss, d) einfache Längsfraktur, e) Mehrfragmentfraktur, f) Trümmerfraktur ^[159]

Letztendlich gilt es, unabhängig von der Klassifikation die Entscheidung zu treffen, welche Therapieform gewählt werden soll. Zunächst muss zwischen der konservativen (nicht operativen) und der operativen Variante gewählt werden. Das

Ziel jeder Therapie besteht in der Wiedererlangung eines intakten Streckapparates, wobei eine ebene chondrale Fläche und möglichst hohe Stabilität die Voraussetzungen für die angestrebte frühfunktionelle Übungsbehandlung darstellen.^[92] Wenn die Umsetzung dieser Behandlungsziele nicht gelingt, ist die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von Komplikationen, wie frühe arthrotische Veränderungen, die Ausbildung eines Falschgelenkes (Pseudarthrose) oder einer Einschränkung der Flexion, deutlich erhöht.^[134]

Nicht in jedem Fall muss eine Patellafraktur offen reponiert und osteosynthetisch stabilisiert werden. Ein nicht mehr intakter Reservestreckapparat stellt jedoch eine Indikation zur operativen Versorgung dar, ebenso wie die Ausbildung einer Gelenkstufe oder die Dislokation der Fragmente von mehr als 2 mm.^[25] Eine entgegen dieser Indikationen getroffene Entscheidung zur konservativen Therapie erhöht das Risiko für die Ausbildung einer posttraumatischen Arthrose.^[25] Offene Frakturen bedürfen in jedem Fall einer notfallmäßigen Versorgung binnen 6-8 Stunden.^[139] Vertikal verlaufende Patellafrakturen können häufig konservativ behandelt werden, seltener auch Mehrfragment- und Trümmerfrakturen sowie weit vom Zentrum entfernte Polfrakturen ohne Gelenkbeteiligung unter Beachtung der oben genannten Indikationen zur operativen Versorgung.^[15,17,52] Querfrakturen bedürfen zudem keiner operativen Stabilisierung sofern die Röntgenaufnahme des sich in 40° Beugstellung befindlichen Kniegelenkes keine Dislokation zeigt.^[139]

Sind die Voraussetzungen für eine konservative Therapie erfüllt, kann der Patient unter 15-20 kg Teilbelastung an Unterarmgehstützen mobilisiert werden. Innerhalb der ersten sechs Wochen erfolgt initial eine passive Übungsbehandlung bis maximal 60° Flexion für drei Wochen und anschließend die aktive Beübung mit einem Beugelimit von 90°. Wegen der durch den Streckapparat auf die Patella einwirkenden massiven Kräfte dürfen sowohl die Belastung als auch das Bewegungsausmaß erst nach der 6. Woche erhöht werden.^[17,139] Bietet der Patient einen verminderten Willen oder eine verminderte Fähigkeit zur notwendigen Kooperation, besteht die Möglichkeit zur Anlage einer in 30° Flexion fixierten Kniegelenkorthese über einen Zeitraum von sechs Wochen.^[159] Röntgenkontrollen erfolgen nach zwei, vier und sechs Wochen. Bei einer sekundären Dislokation besteht die Indikation zur operativen Versorgung.

2.6 Geschichte der winkelstabilen Plattenosteosynthese

Bereits im Jahr 1886 wurde von C. Hansmann aus Hamburg im Rahmen der ersten von ihm entwickelten Plattenosteosynthese eine Schraube eingesetzt, bei welcher der Schraubenkopf eine ebene Kontaktfläche zur Osteosyntheseplatte besaß (siehe Abb. 4). C. Hansmann wird als der Pionier in der Technik der Plattenosteosynthese angesehen.^[58] Als männlicher Nachkomme seines im Ingenieurwesen tätigen Vaters wird davon ausgegangen, dass er mit dieser Konstruktion versuchte, die Schraube streng senkrecht zur Osteosyntheseplatte einzusetzen und damit das Prinzip der Winkelstabilität umsetzen wollte. Somit wäre er nicht nur als Vorreiter der Plattenosteosynthese, sondern auch als Pionier der winkelstabilen Osteosynthese anzusehen.^[168]

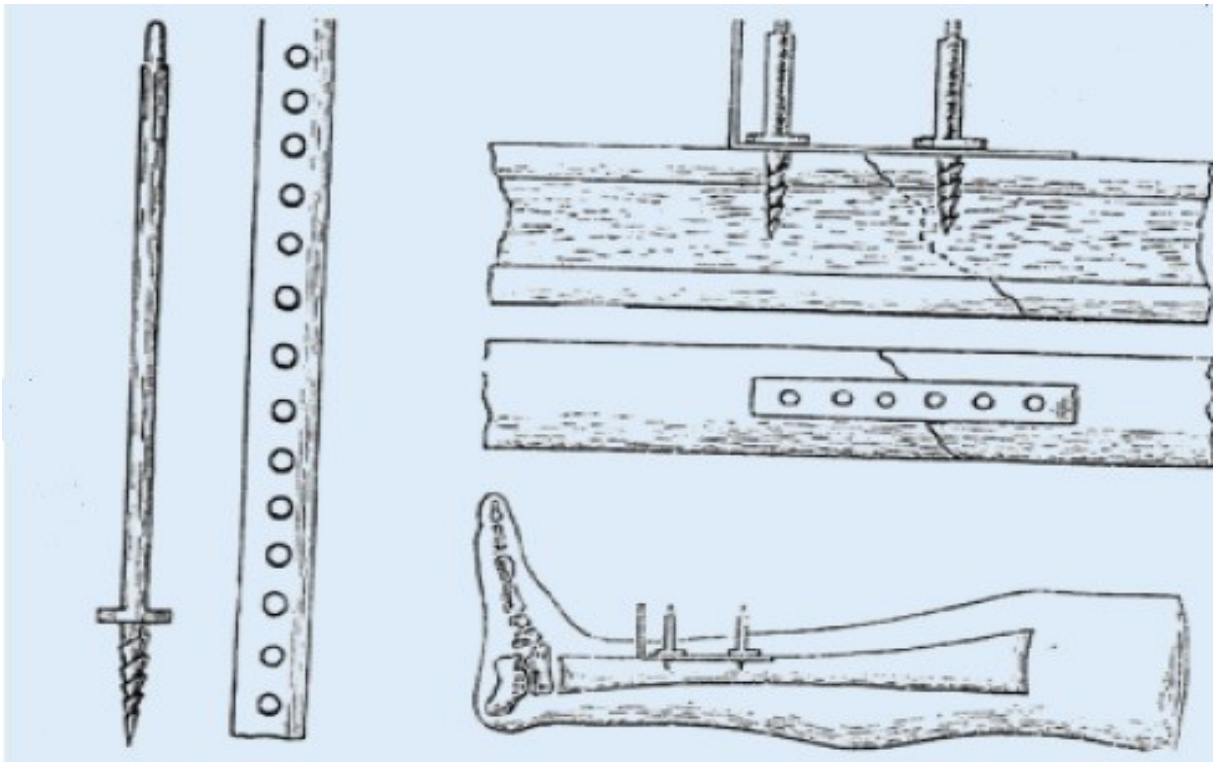


Abbildung 4: Darstellung einer frühen Form der Plattenosteosynthese^[58]

Ein aus Paris stammender Chirurg mit dem Namen Paul Reinhold erwähnte 1931 erstmals eine echte winkelstabile unidirektionale Plattenosteosynthese, welche er als Gewinde-Gewinde Verbindung zwischen Lochplatte und verwendeter Schraube beschrieb.^[168]

Im Jahr 1935 veröffentlichte die Firma Collin einen Produktkatalog, welcher unter

anderem eine Platte mit zwei schräg angeordneten Löchern auf jeder Seite zeigte. Hierbei bestand der Lochrand aus einem Gewinde, wobei die dazugehörige Schraube ein entsprechendes Kopfgewinde besaß, welches als Gegengewinde fungierte. Zudem existierte als Variante ein Stift mit passendem Kopfgewinde als Alternative zur Schraube (siehe Abb. 5).^[168]

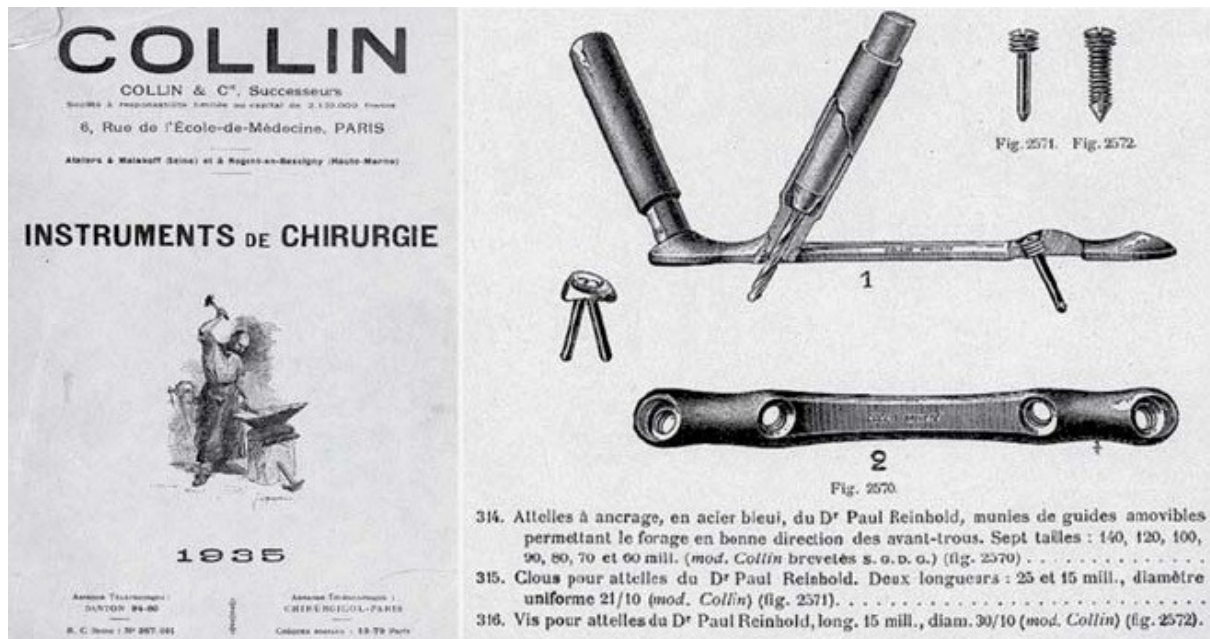


Abbildung 5: Auszug aus dem Katalog der Fa. Collin 1935 ^[30]

Im Rahmen einer Wirbelsäulen-Operation setzte die Abteilung für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie des Allgemeinkrankenhauses St. Georg in Hamburg im Jahr 1985 ein polyaxiales winkelstabiles Plattensystem zur Spondylodese der Lendenwirbelsäule ein.^[162,163,170] Damit sollte ein Lösen des Schraubenkopfes aus dem Plattenloch vermieden werden, welches bei Tumorpatienten trotz angewendeter ventraler Spondylodese drohte. Dieser Ansatz basierte auf der Feststellung, dass sich die Schrauben nach erfolgter ventraler sowie dorsaler Spondylodese bei konventionellem Plattenmaterial unter der Mobilisierung nach einiger Zeit lockerten und aus der Platte lösten. Da sich hieraus eine erhöhte Gefahr der Schädigung benachbarter Gefäße ergab, löste man das Problem zunächst, indem eine zusätzliche, kleinere Platte auf der primär verwendeten Platte fixiert wurde, wodurch die Schraube fest zwischen den beiden Platten zu liegen kam. Hieraus ergab sich eine vorher nicht erwartete enorm stabile Verbindung.^[168] Nachdem das Ergebnis dieser Konstruktion als erstes polyaxiales winkelstabiles System Erfolg versprechend war, suchte man nach einer Möglichkeit dieses Prinzip umzusetzen, ohne dass das

verwendete Material derart auftrug. Damit sollte gewährleistet werden, dass auch Regionen mit vermeintlich dünnem Weichteilmantel entsprechend versorgt werden können (siehe Abb. 6).^[164,168,169]



Abbildung 6: Druckplattenfixateur zur Verwendung an der Wirbelsäule ^[168]

In einer ausgeprägten Untersuchungs- und Testphase wurde schließlich ein Verfahren entwickelt, bei dem sich das Plattengewinde beim Eindrehen des Schraubenkopfes verformte und die Verbindung dadurch verblockte.

Möglich machte dies die Verwendung unterschiedlich harter Materialien in der Zusammensetzung von Schraube und Platte. Während der Schraubenkopf aus einer härteren Titanverbindung bestand, enthielt das Plattengewinde ausschließlich weiches Reintitan. Nach einer Patentanmeldung im Jahr 1993 wurde das Verfahren insbesondere bei Patienten mit multiplen frustrierten Voroperationen erfolgreich im BG-Unfallkrankenhaus Hamburg etabliert.^[165-169]

Ein wesentlicher Vorteil des moderneren Systems zeigt sich in einer deutlich besseren Übertragung der Kraft auf den Knochen sowie einer optimierten Stabilität.

Während bei der konventionellen (unverblockten) Methode die Stabilität insbesondere durch ein Nachlassen des sogenannten „Reibschlusses“, also der durch den Anpressdruck wirkenden Reibungskraft zwischen Platte und Knochen begrenzt wird, spielt dies bei der verblockten Variante aufgrund eines anderen Prinzips der Kraftübertragung keine wesentliche Rolle. Durch die Reduktion des Reibschlusses über die Zeit neigen die Schrauben bei der unverblockten Plattenosteosynthese zudem dazu abzukippen, wodurch der zwischen Schraubenhals und Platte liegende Knochen an beiden Kontaktpunkten stärker belastet wird (siehe Abb. 7).

In der Folge kann ein Ausbrechen von Fragmenten oder der Osteosynthese aus dem Knochen resultieren. Diese Gefahr ist bei der verblockten Methode zum einen aufgrund der nahezu fehlenden Abkippung und zum anderen durch eine gleichmäßige konstante Kraftübertragung deutlich reduziert. ^[168,170]

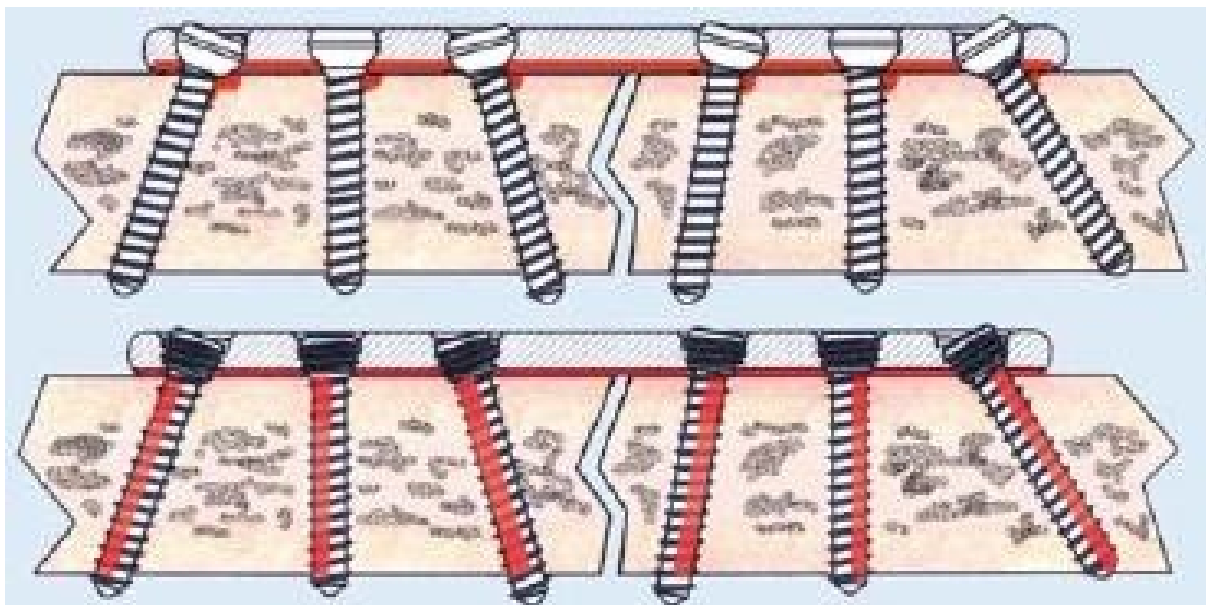


Abbildung 7: Darstellung der Lastübertragung im kortikospongiösen Knochen bei unverblockter Variante (oben) und bei verblockter Variante (unten) ^[168]

2.7 Operationsverfahren zur Behandlung der Patellafraktur

Besteht nach den o.g. Kriterien die Indikation zur operativen Versorgung einer Patellafraktur, gilt es eine Operationsmethode auszuwählen. Hierfür stehen verschiedene miteinander konkurrierende Verfahren zur Verfügung.

Neben der einfachen Schraubenosteosynthese existieren als weitere Methoden die modifizierte Zuggurtungsosteosynthese sowie die Kombination beider Verfahren unter Verwendung kanülierter Schrauben. Weiterhin besteht die Möglichkeit zur Wahl einer winkelstabilen Plattenosteosynthese. In bestimmten Fällen ausgeprägter knöcherner Zerstörungen verbleibt häufig nur die Option einer Polresektion, einer partiellen Patellektomie oder einer vollständigen Patellektomie.

2.7.1 Einfache Schraubenosteosynthese

Bei der einfachen Schraubenosteosynthese werden zwei Schrauben parallel zueinander und senkrecht zum Frakturspalt eingebracht. Da die Kortikalis der Kniescheibe ausgesprochen massiv ist, können bei entsprechender Beschaffenheit der restlichen Kniescheibe Schrauben mit einem Durchmesser von 3,5 mm verwendet werden. Hierbei sollte jede der eingebrachten Schrauben mit einer Unterlegscheibe versehen werden.

2.7.2 Klassische Zuggurtungsosteosynthese

Bei der klassischen Zuggurtungsosteosynthese erfolgt nach Reposition die Anlage einer bevorzugt o-förmigen Drahtschlinge um die Patella. Diese kommt an der Vorderseite der Kniescheibe an Apex und Basis zu liegen. Ein wesentlicher Vorteil dieses Verfahrens liegt in der vergleichsweise kostengünstigen Anwendbarkeit. Nachteilig wirkt sich die vergleichsweise hohe Komplikationsrate, wie zum Beispiel der Materialbruch, aus. Auch die Belastungsstabilität ist im Vergleich mit den meisten anderen Verfahren relativ gering. Ein weiterer Nachteil liegt in der notwendigen Materialentfernung.^[156] Aus diesen Gründen ist das Verfahren heute obsolet.

2.7.3 Modifizierte Zuggurtungsosteosynthese

Bei der modifizierten Zuggurtungsosteosynthese werden nach erfolgter Reposition zunächst zwei parallel verlaufende Kirschnerdrähte senkrecht zum Frakturspalt,

frakturübergreifend und bikortikal eingebracht. In der Regel besitzen die Kirschnerdrähte einen Durchmesser von 1,8 beziehungsweise 2,0 mm. Anschließend erfolgt die Anlage einer Drahtcerclage um die zuvor eingebrachten Kirschnerdrähte, welche die Form eines Kreises oder einer Acht bildet. Danach werden beide Enden der Cerclage miteinander verdrillt und der entstandene Zwirbel bei ausreichender Stabilität entsprechend gekürzt. Zusätzlich werden die Drahtenden möglichst knapp über der Kortikalis umgebogen, um das Risiko für Weichteilirritationen oder Hautperforationen zu verringern.^[137] Die 8er-förmige Cerclage scheint eine bessere Stabilität zu bieten, birgt jedoch ein erhöhtes Risiko der Weichteilreizung.^[80] Prinzipiell soll die Cerclagetechnik, welche auch bei der klassischen Zuggurtungsosteosynthese zur Anwendung kommt, ihre biomechanische Wirkung über eine Umwandlung der auftretenden Zug- in Kompressionskräfte erzielen. Diese Umwandlung findet allerdings nur in Beugung statt, in Streckung kommt es hingegen zu einer Dehiszenz der Fragmente. Zudem fällt die durch die Cerclage erzielbare Kraftwirkung geringer aus als häufig angenommen.^[83] Auch die modifizierte Zuggurtungsosteosynthese zählt man, wie die Zuggurtungsosteosynthese ohne Verwendung eines K-Drahtes, zu den klassischen Beispielen der Zuggurtungsosteosynthese.

2.7.4 Kombinierte Schrauben- und Zuggurtungsosteosynthese

Als eine Kombination aus beiden o.g. Verfahren können kanülierte Schrauben in Verbindung mit einer Zuggurtung eingesetzt werden. Hierbei werden die zwei kanülierten Schrauben parallel zueinander, frakturübergreifend und senkrecht zum Frakturspalt eingebracht. Anschließend wird der Draht, welcher die Cerclage bildet, durch die Schraubenkanäle geführt. Der Vorteil dieser Variante besteht in der höheren Stabilität im Vergleich zu den vorgenannten Verfahren. Zudem überzeugt sie durch eine geringere Rate an Weichteilreizungen und Dislokationen der eingebrachten Schrauben. Es fallen jedoch ein höherer Anteil an Cerclagebrüchen, insbesondere am Ein- und Ausgang des Schraubenkanals auf. Versorgt werden können mit dieser Operationstechnik allerdings nur Frakturen, welche zwei größere Hauptfragmente aufweisen. Dies sind in der Regel Quer- oder Schrägfrakturen.^[25]

2.7.5 Partielle Patellektomie

Beim Vorliegen eines Polabrisses oder einer Abrissfraktur werden diese in der Regel mit einer Zuggurtung osteosynthetisch versorgt.^[52] Sehr kleine Fragmente oder eine distale Trümmerzone können auch entfernt werden, wenn der in situ verbleibende Anteil mindestens zwei Drittel der ursprünglichen Patella beträgt.^[159] Auch wenn sich das funktionelle Ergebnis nach Resektion von mehr als einem Drittel der Patella dem funktionellen Outcome der totalen Patellektomie annähert, führt die teilweise Entfernung der Kniescheibe im Vergleich zur totalen Patellektomie dennoch zu einem besseren Ergebnis.^[13]

2.7.6 Totale Patellektomie

Die totale Patellektomie wird aufgrund der im Regelfall schlechten Ergebnisse nur im Ausnahmefall, z.B. bei schweren nicht rekonstruierbaren Trümmerfrakturen durchgeführt.^[106] Eine Verkippung der Patella, welche bei Teilresektionen von mehr als 50% auftritt, erfordert eine totale Patellektomie auch wenn dadurch der Musculus quadrizeps femoris deutlich geschwächt wird.^[76] Nach Entfernung der Kniescheibe wird das Ligamentum patellae an der Quadrizepssehne mit einer Durchflechtungs- oder U-Naht fixiert. Zusätzlich empfiehlt sich eine Defektdeckung mit Hilfe der Retinacula. Einhergehend mit der Verlagerung der Kraft- und Rotationszentren steigt die Belastung des Ligamentum patellae und des Musculus quadrizeps femoris spannungsbedingt um bis zu 50%.^[73] In der Folge leiden die Patienten neben einer vermehrten Neigung zu Schwellungszuständen häufig unter Schmerzen und einer Limitierung des Bewegungsausmaßes im betroffenen Knie. Zudem ist die Extension durch einen Kraftverlust von etwa 30% eingeschränkt.^[88]

2.8 Hypothese

Die neu entwickelte winkelstabile und polyaxiale Patellaplatte ist in der klinischen Anwendung sicher, führt zu guten klinischen Ergebnissen und zeigt im Vergleich mit anderen Osteosyntheseverfahren an der Patella weniger Implantat-assoziierte Komplikationen.

3 Patienten, Material und Methodik

3.1 *Untersuchte Patienten*

Nach Genehmigung der Studie durch die Ethikkommission der Heinrich Heine Universität Düsseldorf (Ethikvotum Nr.: 3128 vom 09.01.2009), wurden konsekutiv alle Patienten mit einer Patellafraktur, die zwischen 2011 und 2014 in der Klinik für Orthopädie, Unfall- und Handchirurgie des Klinikum Darmstadt mit der polyaxialen winkelstabilen Patellaplatte operativ versorgt wurden, in diese Studie eingeschlossen. Eine wesentliche Voraussetzung zur Teilnahme an der Studie war das vollendete 18. Lebensjahr. Weiterhin mussten die Patienten mündlich und schriftlich in das Studienprotokoll einwilligen. Fehlende Einwilligungsfähigkeit schloss eine Teilnahme aus, ebenso wie das Vorliegen von Grunderkrankungen mit erheblichen Funktionseinschränkungen wie zum Beispiel einer rheumatoiden Arthritis. Ein pathologisches Geschehen als Ursache der Frakturentstehung war ein weiteres Ausschlusskriterium, ebenso wie mangelnde Compliance beispielsweise aufgrund von Alkoholismus, Drogenabhängigkeit oder einer psychischen Erkrankung.

3.2 *Material und Methodik*

Zum Einsatz kommt in dieser Studie eine neu entwickelte polyaxiale winkelstabile Patellaplatte, Firma Königsee (siehe Abb. 8). Hierbei handelt es sich um eine aus Titan bestehende halbringförmige Osteosyntheseplatte, welche medialseitig und lateralseitig der natürlichen Form der Patella nachempfunden ist und relativ leicht an die Patella anmodelliert werden kann. Medial- sowie lateralseitig befinden sich jeweils fünf mit winkelstabilen Schrauben zu besetzende Löcher. Ein weiteres Loch befindet sich ventralseitig und ist über zwei Titanstreben mit beiden Seiten der Platte verbunden.

Die winkelstabile polyaxiale Patellaplatte der Firma Königsee wurde als Alternative zu den bereits bekannten und etablierten Osteosyntheseverfahren speziell für die operative Stabilisierung von Patellafrakturen entwickelt. In verschiedenen biomechanischen Studien imponierte sie durch eine signifikant höhere Stabilität und Rigidität im Vergleich zur klassischen (modifizierten) Zuggurtungsosteosynthese mit K-Drähten und im Vergleich zur kanülierten Schraubenosteosynthese mit anteriorer

Zuggurtung, die klassischerweise zur Versorgung von Patellafrakturen verwendet werden. Die Osteosynthese mittels polyaxialer winkelstabiler Patellaplatte beruht biomechanisch auf dem Prinzip eines Fixateur interne.



Abbildung 8: Winkelstabile polyaxiale Patellaplatte der Fa. Königsee ^[113]

Der Eingriff findet in der Regel in Allgemeinanästhesie oder alternativ in Spinalanästhesie sowie unter Single-shot Antibiotikumprophylaxe in Rückenlage statt. Eine Oberschenkelblutsperre kann, muss aber nicht zwingend verwendet werden. Nach Desinfektion der Haut und sterilem Abdecken erfolgt der Schnitt durch Cutis und Subcutis mittig über der Patella in Längsrichtung auf einer Länge von ca. 10 Zentimetern. Die Schnittführung beginnt etwa 2 Zentimeter proximal des oberen Patellapols und endet auf Höhe des distalen Patellapols. Es folgt die weitere Präparation bis auf die Bursa präpatellaris, welche bei einer Destruktion reseziert wird. Nach Darstellung der Retinacula patellae, wird der Patellarand beidseits zusammen mit den Retinacula und ohne, dass diese abgelöst werden, auf zwei bis drei Zentimeter freipräpariert.

Bei intaktem Reservestreckapparat erfolgt eine Fingerbreite lateral des lateralen Patellarandes eine Arthrotomie des Kniegelenkes zur Entlastung des intraartikulären Frakturhämatoms sowie zur Palpation der sich auf der Patellarückseite befindlichen Gelenkfläche. Die Reposition erfolgt mit einer Repositionszange, welche in der Regel

mittig am proximalen und distalen Patellapol ansetzt. Die Kontrolle des Repositionsergebnisses erfolgt digital durch Abtasten der Patellarrückfläche zum Ausschluss eines verbliebenen Frakturspaltes oder einer Gelenkstufe sowie radiologisch mit dem Bildwandler in mehreren Ebenen.

Nun erfolgt das Anpassen der beiden distal gelegenen Titanhaken der Patellaplatte, sodass diese beidseits des Ligamentum patellae am distalen Patellapol hakenförmig umgreifen können. Nach Anlage zweier vertikaler Stichinzisionen beidseits der Patellarsehne am unteren Patellapol, werden die Titanhaken unter Umfassung des Pols sowie Kippen und Anlage der Platte an beiden Seiten der Patella eingehakt. Der Winkel der beiden Plattenschenkel zur Frontalebene beträgt hierbei 70 bis 90°. Im nächsten Schritt werden vom Hauptfragment ausgehend nach Bohrung und Längenmessung beidseits zunächst ein Plattenschenkelloch und dann das nächste Plattenschenkelloch mit winkelstabilen Schrauben entsprechender Länge besetzt. Anschließend werden in gleicher Weise die verbleibenden Plattenlöcher unter Aussparung der Plattenlöcher auf Höhe des Frakturspaltes besetzt. Das ventral der Patella anliegende Plattenloch kann bei ausreichender Fragmentgröße zusätzlich besetzt werden. Für die Stabilität der Fraktur genügen zwei den Frakturspalt übergreifende divergierende oder konvergierende Schrauben, sofern diese die Patella nahezu komplett durchqueren. Die weiteren Schrauben können kürzer gewählt werden.

Die Repositionszange wird nun entfernt. Während des gesamten Vorganges wird die Patellarrückfläche palpiert um eine intraartikuläre Schraubenfehlage sowie den Verbleib einer Gelenkstufe auszuschließen. Es folgt die Durchleuchtungskontrolle in zwei Ebenen, eine Dehiszenz zwischen Osteosynthesematerial und Kniescheibenrand ist aufgrund der Winkelstabilität typisch und zum Erhalt der Durchblutung gewünscht. Nach ausgiebiger Spülung des Wundgebietes erfolgt nach erneuter Desinfektion der Hautränder und sorgfältiger Blutstillung der schichtweise Wundverschluss. Die Anlage eines sterilen Wundverbandes sowie die elasto-kompressive Wickelung des Beines beenden die Operation.

Die Nachbehandlung wurde für jeden Patienten in Abhängigkeit vom Frakturtyp individuell festgelegt. Lediglich Patienten mit einer Patellafraktur vom Typ C 3 nach

der AO Klassifikation wurden postoperativ mit einer Schiene oder Orthese nachbehandelt. Sowohl einfache Querfrakturen wie auch T-förmige Frakturen, bei denen jedes Fragment sicher von einer Schraube gefasst wurde, durften unmittelbar postoperativ voll belasten. Aufgrund der hohen Belastung war Treppenauf- oder absteigen unabhängig vom Frakturtyp untersagt. Sämtliche Patienten erhielten eine frühfunktionelle physiotherapeutische Beübung und Mobilisation ohne Einschränkung des Bewegungsausmaßes.

3.3 Datenerhebung

Die Patienten wurden im Rahmen dieser Studie 1 Jahr postoperativ zur Nachuntersuchung einbestellt. Hierbei erfolgten neben der körperlichen Untersuchung und der Ermittlung des funktionellen Ergebnisses, die Beurteilung der Röntgenaufnahmen sowie die Beantwortung verschiedener Fragebögen durch die Patienten selbst.

Zunächst wurden definierte Patientendaten erfasst. Hierzu zählten neben Alter und Geschlecht, der Unfallmechanismus sowie das Vorliegen eventueller Begleitverletzungen. Vorerkrankungen und stattgehabte frühere Frakturen wurden ebenfalls registriert.

Neben den Patientendaten wurden weitere perioperative Parameter dokumentiert, wie die Dauer zwischen Unfallzeitpunkt und operativer Versorgung sowie Begleitverletzungen des betroffenen Kniegelenkes. Die Frakturklassifikation mit Seitenlokalisation erfolgte nach der AO/OTA Klassifikation. Eine Reevaluation der Klassifikation erfolgte zusätzlich und definitiv intraoperativ durch den Operateur. Neben der Dauer der jeweiligen Operation wurden die intraoperative Durchleuchtungszeit sowie eventuelle intraoperative Besonderheiten dokumentiert. Daneben erfolgte die Erfassung der Länge des stationären Aufenthaltes.

Die radiologische Untersuchung umfasste die Anfertigung von Röntgenaufnahmen des Kniegelenkes a.p. und seitlich sowie der Patella tangential präoperativ, unmittelbar am ersten oder zweiten postoperativen Tag sowie bis zur sicheren knöchernen Konsolidierung der Fraktur. Die Röntgenaufnahmen wurden dabei

standardmäßig nach Entlassung der Patienten aus der stationären Behandlung nach der 6., 12., 26. und 52. postoperativen Woche angefertigt. Hierbei wurde der Zeitpunkt der knöchernen Heilung ebenso erfasst wie ein möglicher Repositionsverlust, Dislokations- beziehungsweise Lockerungszeichen des Osteosynthesematerials oder ein eventuell aufgetretener Implantatbruch. Stattgehabte Komplikationen beziehungsweise Reoperationen inklusive auswärtige Reeingriffe wurden ebenfalls dokumentiert.

3.3.1 Modifizierter Score nach Lysholm und Gillquist

Für die Auswertung der funktionellen Ergebnisse beantworteten die Patienten insgesamt 8 Fragebögen. Hierbei wurde unter anderem der Score nach Lysholm und Gillquist errechnet. Dieser wurde 1982 von Lysholm und Gillquist veröffentlicht und diente ursprünglich der Bewertung von Bandinstabilitäten nach chirurgischer Intervention bei Kniebandverletzungen. Dieses zunächst aus dem „*rating sheet for knee function*“ weiterentwickelte Instrument wurde 1985 geringfügig modifiziert, indem man das Kriterium „Muskelathrophie“ durch „Blockierung“ ersetzte.^[132,160] Basierend auf der subjektiven Wahrnehmung des Patienten konzentriert er sich auf die Kniefunktion bei Alltagstätigkeiten sowie bei sportlicher Aktivität. Er setzt sich zusammen aus den Kategorien: Hinken, der möglichen Belastung, Blockierung, Instabilität, Schmerzen, Schwellung, möglichem Treppensteigen sowie der Fähigkeit in die Hocke zu gehen. Insgesamt können 100 Punkte erreicht werden (siehe Tab. 1). Dabei werden 91-100 Punkte als „sehr gut“, 84-90 Punkte als „gut“, 65-83 Punkte als „befriedigend und 0-64 Punkte als „schlecht“ bewertet.^[4,18,68,141] Der Score nach Lysholm und Gillquist wurde durch zahlreiche Studien validiert.^[18,19,79,99,115,129]

Hinken	nein	5
	wenig oder zeitweise	3
	stark oder immer	1
Belastung	Vollbelastung	5
	Gehstützen oder Stock	3
	Belastung nicht möglich	0
Blockierung	Keine Blockierung und kein Gefühl der Einklemmung	15
	Gefühl der Einklemmung, aber keine Blockierung	10
	Gelegentliche Blockierung	6
	Häufige Blockierung	2
	Blockiertes Gelenk bei Untersuchung	0
Instabilität	Niemals "giving way" Phänomen	25
	"Giving way" selten während des Sports oder anderer schwerer Anstrengung	20
	"Giving way" häufig während des Sports oder anderer schwerer Anstrengung (oder unmöglich, daran teilzunehmen)	15
	"Giving way" gelegentlich während Tätigkeiten des Alltags	10
	"Giving way" oft während Tätigkeiten des Alltags	5
	"giving way" bei jedem Schritt	0
Schmerzen	Keine	25
	Unregelmäßig und gering während schwerer Anstrengung	20
	Deutlich/ausgeprägt während schwerer Anstrengung	15
	Deutlich während oder nach dem Gehen von mehr als 2 km	10
	Deutlich während oder nach dem Gehen von mehr als 2 km	5
	ständig	0
Schwellung	keine	10
	Bei schwerer Anstrengung	6
	Bei gewöhnlicher Anstrengung	2
	ständig	0
Treppensteigen	Kein Problem	10
	Ein wenig beeinträchtigt	6
	Schritt für Schritt	2
	Nicht möglich	0
In die Hocke gehen	Ohne Probleme	5
	Wenig beeinträchtigt	4
	Nicht über 90°	2
	Nicht möglich	0

Tabelle 1: Modifizierter Score nach Lysholm und Gillquist ^[132]

3.3.2 Aktivitätsscore nach Tegner und Lysholm

Als weiteren Score verwendeten wir den Aktivitätsscore nach Tegner und Lysholm, welcher seit 1982 existiert.^[141,161] Dieser in der Literatur weit verbreitete Score erfasst das Aktivitätsniveau von Patienten in Bezug auf Arbeit und Sport.^[61,100] Er wurde durch zahlreiche Studien validiert.^[18,19,109,115] Ursprünglich wurde er ergänzend zum Lysholm Score für Patienten mit Verletzung des vorderen Kreuzbandes entwickelt, welcher durch eine Abnahme des Aktivitätslevels verfälscht werden kann. Der Aktivitätsscore nach Tegner und Lysholm besteht aus einer Liste mit 11 abgestuften Aktivitätslevels einschließlich Alltagstätigkeiten, Freizeit- und Leistungssportarten (siehe Tab. 2). Patienten sollen die am besten auf sie zutreffende Kategorie auswählen. Der bestenfalls erreichbare Wert von 10 steht für eine Teilnahme an nationalem wie internationalem Elite-Leistungssport, der minimale Wert von 0 steht für Krankschreibung oder Invaliditätsrente beziehungsweise Erwerbsunfähigkeit. Der Aktivitätsscore nach Tegner und Lysholm erlaubt einerseits eine Beurteilung des realen Aktivitätsniveaus, andererseits lässt er sich hervorragend auch als Verlaufsparemeter heranziehen.^[51,61,141] Da ein Großteil der Patienten mit Patellafrakturen nicht sportlich aktiv ist, werteten wir den Unterschied zwischen dem prä- und postoperativen Tegner-Score aus.

Krankschreibung bzw. Frührente oder Invaliditätsrente aufgrund von Knieproblemen	0
Sitzende Tätigkeit; Laufen auf ebenem Grund möglich	1
leichte Tätigkeit; Laufen auf unebenem Grund, aber nicht im Wald möglich	2
leichte Arbeit; Schwimmen, Laufen im Wald möglich	3
mittelschwere Arbeit; Freizeitsport: Radfahren, Langlauf, Joggen auf ebenem Grund mindestens zweimal die Woche	4
Schwere Arbeit; Wettkampfsport: Radfahren, Skilanglauf, Freizeitsport: Joggen auf unebenem Grund mindestens zweimal die Woche	5
Freizeitsport: Tennis/Badminton/Handball/Basketball/Abfahrtski, Joggen mindestens fünfmal die Woche	6
Wettkampfsport: Tennis, Leichtathletik, Motocross, Motorenrennen, Handball, Basketball Freizeitsport: Fußball, Eishockey, Squash, Leichtathletik (Hochsprung), Querfeldeinlauf	7
Wettkampfsport: Squash, Badminton, Leichtathletik (z.B. Hochsprung), Abfahrtski	8
Wettkampfsport: Fußball, Eishockey, Wrestling, Turnen	9
Wettkampfsport: Fußball (nationale und internationale Elite)	10

Tabelle 2: Aktivitätsscore nach Tegner und Lysholm ^[141]

3.3.3 HSS Score

Die Patienten wurden auch nach dem HSS Score befragt. HSS steht für „*The Hospital for Special Surgery Rating System*“. Er umfasst die Kategorien: Schmerz, Funktion, Bewegungsausmaß, mögliches Beugedefizit oder Instabilität. Entwickelt wurde er 1973 von Ranawat und Shine zur Bewertung der Ergebnisse nach totalem Kniegelenkersatz.^[118] Wie die meisten anderen verwendeten Scores ist auch dieser Score validiert.^[130] Punktabzüge sind möglich bei Verwendung von Gehhilfen, beim Vorliegen eines Beugedefizits sowie einer Varus oder Valgusfehlstellung. Es können maximal 100 Punkte erreicht werden (siehe Tab. 3). Die Bewertung reicht von „sehr gut“ bei einer Punktzahl von 85-100 Punkten, zu „gut“ bei 70-84 Punkten, über „befriedigend“ bei 60-69 Punkten bis hin zu „schlecht bei weniger als 60 erreichten Punkten. Die bestenfalls zu erreichende Punktzahl von 100 wird bei einwandfreier Kniefunktion ohne Instabilität oder Vorliegen anderer Beschwerden erreicht. Weniger als 60 Punkte sind vergleichbar mit einem versteiften Knie.

Schmerz	Niemals Schmerzen	30
	Schmerzfrei beim Gehen	15
	Leichter Schmerz beim Gehen	10
	Mäßiger Schmerz beim Gehen	5
	Starker Schmerz beim Gehen	0
	Kein Ruheschmerz	15
	Leichter Ruheschmerz	10
	Mäßiger Ruheschmerz	5
	Starker Ruheschmerz	0
Funktion	Gehen und Stehen unbegrenzt möglich	12
	Max. Gehstrecke 5-10 Blocks, Stehen < 30 min möglich	10
	Max. Gehstrecke 1-5 Blocks, Stehen < 30 min möglich	8
	Gehstrecke weniger als 1 Block (100 m)	4
	Gehen unmöglich	0
	Treppensteigen ungehindert möglich	5
	Treppensteigen nur mit Hilfe möglich	2
	Auto aus-/einsteigen problemlos	5
	Auto aus-/einsteigen nur mit Hilfe	2
Bewegungsausmaß	1 Punkt pro 8 Grad (max. 18P = 144°)	
Muskelkraft	Quadrizeps unüberwindbar	10
	Quadrizeps überwindbar	8
	Mäßig	4
	Schlecht	0
Beugedefizit	Norm von > 120° Beugung	10
	0 - 4 Grad	8
	5 - 10 Grad	5
	11 Grad oder mehr	0
Instabilität	Keine	10
	Gering (0 - 5 Grad)	8
	Mäßig (6 - 15 Grad)	5
	> 16 Grad	0
	Zwischenpunktzahl (max. 100)	
Abzüge	1 Gehstock	1
	1 Unterarmgehstütze	2
	2 Unterarmgehstützen	3
	Streckdefizit < 5 Grad	2
	Streckdefizit < 10 Grad	3
	Streckdefizit < 15 Grad	5
	Varus	1Punkt / 5 Grad
	Valgus	1Punkt / 5 Grad
	Totalabzüge	

Tabelle 3: HSS Score ^[118]

3.3.4 Patella-Score nach Turba et al.

Der Patella Score nach Turba et al. wurde 1979 entwickelt um die Ergebnisse nach Rekonstruktion des muskulären Extensorenmechanismus am Knie zu bewerten.^[147] Dieser Score besteht aus einem subjektiven Teil (Teil A), bei dem die Patienten ihr Knie subjektiv in Bezug auf Schwellung, Schmerz, Instabilität und Bewegungseinschränkung bewerten, sowie einem objektiven Teil (Teil B), welcher die Kategorien „Patella-Bewegung“, „Schmerz“, „Erguss“, „Quadrizeps-Tonus“, „Quadrizeps-Atonie“ und „passive Patella-Hypermobilität“ umfasst. Abgesehen von der Patella Bewegung ist in jeder Kategorie eine Bewertung von 0 bis 3 Punkten möglich. Insgesamt können im subjektiven Teil 0 bis 12 Punkte und im objektiven Teil 0 bis 16 Punkte erreicht werden. Anders als bei den bisher erwähnten Scores steht hier ein geringes Punktergebnis für ein besseres Ergebnis. Objektiver und subjektiver Abschnitt werden dabei zunächst getrennt voneinander ausgewertet und die Punktzahlen dann als Gesamtergebnis addiert (siehe Tab. 4 und 5). Das Gesamtergebnis des Patella-Score nach Turba et al. entspricht der Summe der Einzelergebnisse aus beiden Teilen. Für die Auswertung gilt die Bewertung für eine Gesamtpunktzahl der Summe aus Teil A und Teil B als sehr gut bei 0 Punkten, als gut bei 1 bis 5 Punkten, als befriedigend bei 6 bis 8 Punkten und als schlecht bei mehr als 8 Punkten.

A. Subjektiver Teil

Schwellung	Keine	0
	Manchmal nach starker Anstrengung	1
	Gelegentlich nach Belastungen im Alltag	2
	Häufig nach Belastungen im Alltag	3
Schmerz	Keiner	0
	Leichter Schmerz bei Wetteränderung oder nach starker Anstrengung	1
	Leichter oder mittelstarker Schmerz nach längerem Sitzen mit angezogenen Knien oder stechender oder dumpf-bohrender Schmerz beim Treppensteigen oder Unfähigkeit, eine Treppe Stufe für Stufe hinauf zu gehen, oder starke Schmerzen nach langem Sitzen, retropatellarer Schmerz	2
	Beeinträchtigung beim Gehen und im Alltagsleben	3
Instabilitäten	Keine	0
	Manchmal bei der Ausübung anstrengender Sportarten	1
	Manchmal bei alltäglichen Belastungen	2
	Regelmäßige und deutliche Luxation der Patella	3
Bewegungseinschränkung	Keine	0
	Volles Hinknien unmöglich	1
	Belastende Sportarten nicht möglich	2
	Im täglichen Leben eingeschränkt	3

Tabelle 4: Patella-Score nach Turba et al., subjektiver Teil ^[147]

B. Objektiver Teil

Patella-Bewegung	Voll	0
	Ungleich dem anderen, nicht operierten Knie	1
Schmerz	Keiner	0
	Leichter Schmerz bei Retropatellar-Kompression	1
	Mittlerer Schmerz bei Retropatellar-Kompression	2
	Starker retropatellarer Schmerz	3
Erguss	Keiner	0
	Gering mit min Hervortreten des Fettpolsters im Seitenvergleich	1
	Mäßig mit Hervortreten des Fettpolsters	2
	Schwerer Erguss mit "tanzender Patella"	3
Quadrizeps-Tonus	Kein Unterschied zur Gegenseite	0
	Gering mit Abflachung	1
	Mittel mit auffallender Umfangsminderung	2
	Stark	3
Quadrizeps-Atonie	Keine	0
	Minimaler Tonusverlust im Seitenvergleich	1
	Mittelmäßiger Tonusverlust	2
	Starker Tonusverlust	3
Passive Patella-Hypermobilität	Keine	0
	Minimale Hypermobilität im Seitenvergleich	1
	Mittelgradige Hypermobilität mit möglicher Luxation der lateralen Patella-Facette über den lateralen Femurkondylus ohne Dislokation	2
	Ausgeprägte Hypermobilität mit möglicher Dislokation der Patella mit Einklemmung und Schmerz	3

Tabelle 5: Patella-Score nach Turba et al., objektiver Teil ^[147]

3.3.5 Modifizierter Oxford Knee Score

Der von Dawson 1998 entwickelte „Oxford Knee Score“ ist ein aus 12 Fragen bestehender Fragebogen, um bei Patienten nach totalem Kniegelenkersatz den Kniestatus zu bewerten.^[33] Er wurde durch zahlreiche Studien

validiert.^[27,31,39,108,140,173] Ursprünglich gab es für die Beantwortung jeder Kategorie 1 bis 5 Punkte, wobei bestenfalls 12 Punkte und schlechtestenfalls 60 Punkte erreicht werden konnten. Da diese Bewertungsform von vielen als nicht intuitiv empfunden wurde, modifizierte Murray im Jahr 2007 den Score so, dass nun bei einem beschwerdefreien Patienten die höchste Punktzahl erreicht wird.^[107] Für jede Frage werden seither 0 bis 4 Punkte vergeben, sodass schlechtestenfalls 0 Punkte und bestenfalls 48 Punkte erreicht werden können (siehe Tab. 6). Der Oxford Knee Score bezieht sich lediglich auf die vorangegangenen vier Wochen und wird neben der Ergebnis-Kontrolle nach totalem Kniegelenkersatz hauptsächlich als Marker des Arthrosegrades verwendet. Maximal sind 48 Punkte möglich. Bewertet werden 40-48 Punkte mit „sehr gut“, 30-39 Punkte mit „gut“, 20-29 Punkte mit „ausreichend“ und 0-19 Punkte mit „nicht zufriedenstellend“.

Wie würden Sie die Schmerzen beschreiben, die Sie üblicherweise in Ihrem Knie hatten?	Keine	4
	Sehr gering	3
	Gering	2
	Mäßig	1
	Stark	0
Hatten Sie wegen Ihrem Knie Schwierigkeiten, sich selbst zu waschen und abzutrocknen? (am ganzen Körper)	Überhaupt keine Schwierigkeiten	4
	Sehr geringe Schwierigkeiten	3
	Mäßige Schwierigkeiten	2
	Extreme Schwierigkeiten	1
	Unmöglich zu tun	0
Hatten Sie wegen Ihrem Knie Schwierigkeiten, in ein, bzw. aus einem Auto zu steigen oder öffentliche Verkehrsmittel zu benutzen?	Überhaupt keine Schwierigkeiten	4
	Sehr geringe Schwierigkeiten	3
	Mäßige Schwierigkeiten	2
	Extreme Schwierigkeiten	1
	Unmöglich zu tun	0
Wie lange konnten Sie gehen, bevor Sie starke Schmerzen in Ihrem Knie bekamen? (mit oder ohne Stock)	Keine Schmerzen/ > 30 Minuten	4
	16 - 30 Minuten	3
	5 - 15 Minuten	2
	Nur zu Hause	1
	Gar nicht	0
Wie schmerzhaft war es für Sie wegen Ihrem Knie nach einer Mahlzeit wieder von einem Tisch aufzustehen?	Gar nicht schmerzhaft	4
	Ein wenig schmerzhaft	3
	Mäßig schmerzhaft	2
	Sehr schmerzhaft	1
	Unerträglich	0
Haben Sie wegen Ihrem Knie beim Gehen gehinkt?	Selten / nie	4
	Manchmal oder nur am Anfang	3
	Oft, nicht nur am Anfang	2
	Die meiste Zeit	1
	Die ganze Zeit	0
Konnten Sie sich hinknien und danach wieder aufstehen?	Ja, leicht	4
	Mit geringen Schwierigkeiten	3
	Mit mäßigen Schwierigkeiten	2
	Mit extremen Schwierigkeiten	1
	Nein, unmöglich	0
Wurden Sie nachts im Bett durch Schmerzen in Ihrem Knie gestört?	Nie	4
	Nur 1 oder 2 Nächte	3
	Einige Nächte	2
	Die meisten Nächte	1
	Jede Nacht	0
Wie sehr haben Schmerzen in Ihrem Knie Ihre normale Arbeit (einschließlich Hausarbeit) beeinträchtigt?	Gar nicht	4
	Ein wenig	3
	Mäßig	2
	Erheblich	1
	Vollständig	0
Hatten Sie das Gefühl, dass Ihr Knie plötzlich "nachgeben" oder Sie nicht mehr tragen könnte?	Selten / nie	4
	Manchmal oder nur am Anfang	3
	Oft, nicht nur am Anfang	2
	Die meiste Zeit	1
	Die ganze Zeit	0
Konnten Sie die Haushaltseinkäufe selbst erledigen?	Ja, leicht	4
	Mit geringen Schwierigkeiten	3
	Mit mäßigen Schwierigkeiten	2
	Mit extremen Schwierigkeiten	1
	Nein, unmöglich	0
Konnten Sie eine Treppe hinuntergehen?	Ja, leicht	4
	Mit geringen Schwierigkeiten	3
	Mit mäßigen Schwierigkeiten	2
	Mit extremen Schwierigkeiten	1
	Nein, unmöglich	0

Tabelle 6: Modifizierter Oxford Knee Score ^[107]

3.3.6 Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS)

Der wohl bekannteste in dieser Studie eingesetzte Score ist der „Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS)“.^[77,122] Er basiert auf dem „WOMAC Osteoarthritis Index“ und dient dazu, kurz- wie langfristige Folgen nach Knieverletzungen zu beurteilen.^[7] Der KOOS wurde durch zahlreiche Studien validiert.^[34,121-123,174] Er wird vom Patienten selbst ausgefüllt. Der Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score besteht aus den fünf Hauptkategorien: „Schmerz“, „Symptome“, „Aktivitäten des täglichen Lebens“, „Sport“ und „Lebensqualität“. Bei allen Fragen können 0 bis 4 Punkte erreicht werden (siehe Tab. 7-11). Insgesamt werden hier maximal 168 Punkte vergeben (28/36/68/29/16). Für jede Kategorie wird das erreichte Ergebnis in Prozent ausgerechnet und ohne Einheit verwendet, wobei der jeweils maximal erzielbare Punktwert in der jeweiligen Kategorie 100 Prozent darstellt. Je höher die erreichte Punktzahl, desto geringer sind die Knieprobleme.

Ist ihr Knie geschwollen?	Niemals	4
	Selten	3
	Manchmal	2
	Oft	1
	Immer	0
Verspüren sie ein Reiben, hören sie ein Schnappen im Knie oder andere Geräusche, wenn sie ihr Knie bewegen?	Niemals	4
	Selten	3
	Manchmal	2
	Oft	1
	Immer	0
Blockiert ihr Knie bei Bewegung?	Niemals	4
	Selten	3
	Manchmal	2
	Oft	1
	Immer	0
Können sie ihr Knie vollständig strecken?	Immer	4
	Oft	3
	Manchmal	2
	Selten	1
	Nie	0
Können sie ihr Knie vollständig beugen?	Immer	4
	Oft	3
	Manchmal	2
	Selten	1
	Nie	0
Wie stark ist die Steifigkeit in ihrem Kniegelenk direkt nach dem Aufwachen am Morgen?	Keine	4
	Schwach	3
	Mäßig	2
	Stark	1
	Sehr stark	0
Wie stark ist die Steifigkeit in ihrem Kniegelenk nach Sitzen, Liegen oder Ausruhen im Verlauf des Tages?	Keine	4
	Schwach	3
	Mäßig	2
	Stark	1
	Sehr stark	0

Tabelle 7: Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score Teil A: Symptome (während der vergangenen Woche)^[77]

Wie oft haben sie Knieschmerzen?	Niemals	4
	Monatlich	3
	Wöchentlich	2
	Täglich	1
	Immer	0
Wie stark waren ihre Knieschmerzen in der letzten Woche...		
... wenn sie sich auf dem Knie umdrehen?	Keine	4
	Schwach	3
	Mäßig	2
	Stark	1
	Sehr stark	0
... wenn sie das Knie vollständig strecken?	Keine	4
	Schwach	3
	Mäßig	2
	Stark	1
	Sehr stark	0
... wenn sie das Knie vollständig beugen?	Keine	4
	Schwach	3
	Mäßig	2
	Stark	1
	Sehr stark	0
... beim Gehen auf ebenem Untergrund?	Keine	4
	Schwach	3
	Mäßig	2
	Stark	1
	Sehr stark	0
... beim Treppensteigen?	Keine	4
	Schwach	3
	Mäßig	2
	Stark	1
	Sehr stark	0
... nachts im Bett?	Keine	4
	Schwach	3
	Mäßig	2
	Stark	1
	Sehr stark	0
... beim Sitzen oder Liegen?	Keine	4
	Schwach	3
	Mäßig	2
	Stark	1
	Sehr stark	0
... im Stehen?	Keine	4
	Schwach	3
	Mäßig	2
	Stark	1
	Sehr stark	0

Tabelle 8: Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score Teil B: Schmerz (während der vergangenen Woche)^[77]

Welche Schwierigkeiten hatten sie während der letzten Woche beim...		
... Treppab gehen?	Keine	4
	Wenige	3
	Einige	2
	Große	1
	Sehr große	0
... Treppauf gehen?	Keine	4
	Wenige	3
	Einige	2
	Große	1
	Sehr große	0
... Aufstehen vom Sitzen?	Keine	4
	Wenige	3
	Einige	2
	Große	1
	Sehr große	0
... Stehen?	Keine	4
	Wenige	3
	Einige	2
	Große	1
	Sehr große	0
... sich bücken, um etwas aufzuheben?	Keine	4
	Wenige	3
	Einige	2
	Große	1
	Sehr große	0
... auf ebenem Untergrund gehen?	Keine	4
	Wenige	3
	Einige	2
	Große	1
	Sehr große	0
... in ein Auto einsteigen/ aus einem Auto aussteigen?	Keine	4
	Wenige	3
	Einige	2
	Große	1
	Sehr große	0
... einkaufen?	Keine	4
	Wenige	3
	Einige	2
	Große	1
	Sehr große	0
... Socken/Strümpfe anziehen?	Keine	4
	Wenige	3
	Einige	2
	Große	1
	Sehr große	0
... vom Bett aufstehen?	Keine	4
	Wenige	3
	Einige	2
	Große	1
	Sehr große	0
... Socken/Strümpfe ausziehen?	Keine	4
	Wenige	3
	Einige	2
	Große	1
	Sehr große	0

Tabelle 9: Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score Teil C: Funktionen im Alltag (während der vergangenen Woche) ^[77]

Welche Schwierigkeiten hatten sie während der letzten Woche beim...		
... im Bett liegen (umdrehen, ohne die Knieposition zu verändern)?	Keine	4
	Wenige	3
	Einige	2
	Große	1
	Sehr große	0
... in/aus Badewanne oder Dusche ein-/aussteigen?	Keine	4
	Wenige	3
	Einige	2
	Große	1
	Sehr große	0
... sitzen?	Keine	4
	Wenige	3
	Einige	2
	Große	1
	Sehr große	0
... sich auf die Toilette setzen/ von der Toilette aufstehen?	Keine	4
	Wenige	3
	Einige	2
	Große	1
	Sehr große	0
... schwere Arbeiten im Haushalt verrichten (schwere Kisten heben, Boden wischen, etc.)?	Keine	4
	Wenige	3
	Einige	2
	Große	1
	Sehr große	0
... leichte Arbeiten im Haushalt verrichten (Kochen, Abstauben, etc.)?	Keine	4
	Wenige	3
	Einige	2
	Große	1
	Sehr große	0

Tabelle 9: Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score Teil C (Fortsetzung): Funktionen im Alltag (während der vergangenen Woche) ^[77]

Welche Schwierigkeiten hatten sie in der letzten Woche beim...		
... in die Hocke gehen?	Keine	4
	Wenige	3
	Einige	2
	Große	1
	Sehr große	0
... rennen?	Keine	4
	Wenige	3
	Einige	2
	Große	1
	Sehr große	0
... springen?	Keine	4
	Wenige	3
	Einige	2
	Große	1
	Sehr große	0
... sich auf dem verletzten Knie umdrehen?	Keine	4
	Wenige	3
	Einige	2
	Große	1
	Sehr große	0
... sich hinknien?	Keine	4
	Wenige	3
	Einige	2
	Große	1
	Sehr große	0

Tabelle 10: Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score Teil D: Funktionen, Sport/Freizeit (während der vergangenen Woche) ^[77]

Wie oft bemerken sie das betroffene Knie?	Nie	4
	Monatlich	3
	Wöchentlich	2
	Täglich	1
	Immer	0
Wie sehr haben sie ihren Lebensstil verändert, um potentiell schädliche Aktivitäten für das betroffene Knie zu vermeiden?	Nicht	4
	Wenig	3
	Etwas	2
	Stark	1
	Vollständig	0
Haben sie die Sorge, sich nicht auf ihr Knie verlassen zu können?	Nicht	4
	Wenig	3
	Etwas	2
	Stark	1
	Sehr stark	0
Wie stark sind im Allgemeinen die Probleme mit ihrem betroffenen Knie?	Keine	4
	Wenige	3
	Etwas	2
	Große	1
	Sehr große	0

Tabelle 11: Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score Teil E: Lebensqualität ^[74]

3.3.7 Böstman Score

Weiterhin wurde der „Böstman Score“ ermittelt.^[13] Dieser Score wurde von Böstman als prospektive Bewertungsskala entworfen, um das klinische Ergebnis nach stattgehabter Patellafraktur zu beurteilen. Inhaltlich werden „Range of motion (ROM)“, „Schmerz“, die Arbeitsfähigkeit „Beruf“, „Oberschenkelumfang im Seitenvergleich“, „Hilfsmittel“, „Erguss“ und eventuelles Vorliegen eines „Giving way Phänomens“ abgefragt (siehe Tab. 12). Im besten Fall können 30 Punkte erzielt werden. Eine Punktzahl von 28-30 Punkten wird als „exzellent“, 20-27 Punkte als „gut“ gewertet. Bei weniger als 20 erreichten Punkten war das Ergebnis „nicht zufriedenstellend“.

Range of motion (ROM)	Volle Extension und ROM >120° oder innerhalb 10° im Vergleich zur gesunden Seite	6
	Volle Extension, Beweglichkeit 90° - 120°	3
Schmerz	Kein oder minimal bei Belastung	6
	Mäßig bei Belastung	3
	Bei Alltags-tätigkeit	0
Beruf	Gleiche Arbeitsplatz-tätigkeit	4
	Wechsel der Arbeitsplatz-tätigkeit	2
	Arbeitsunfähig	0
Atrophie, Umfangsdifferenz des Oberschenkels 10 cm proximal der Patella	<12 mm	4
	12 bis 25 mm	2
	>25 mm	0
Hilfsmittel beim Laufen	Keine	4
	Zeitweise	2
	dauerhaft	0
Erguss	Kein	3
	Zeitweise	2
	Akut	0
Giving way Phänomen	Kein	3
	Manchmal	2
	Im Alltag	0

Tabelle 12: Böstman Score ^[13]

3.3.8 Iowa Knee Evaluation Score

Zusätzlich wurde der von Merchant beschriebene „*Iowa Knee Evaluation Score*“ zur Nachuntersuchung eingesetzt.^[102] Dieser wird in der Regel verwendet um die Funktion des Kniegelenkes zu quantifizieren. Neben dem Ausmaß möglicher Schmerzen werden das Gangbild, Form und Stabilität sowie das Bewegungsausmaß bewertet. Daneben wird erfasst, wie gut bestimmte Alltagsaktivitäten durchgeführt werden können (siehe Tab. 13). Bei einer Höchstpunktzahl von 100 Punkten werden 90-100 Punkte als „sehr gut“, 80-89 Punkte als „gut“ und 70-79 Punkte als „befriedigend“ eingestuft. Bei weniger als 70 erreichten Punkten werteten wir das Ergebnis als „schlecht“.

Alltagstätigkeiten		
Ein Großteil der Berufs- und Alltagstätigkeiten werden mit der erforderlichen Mobilität gemeistert	Ohne Schwierigkeiten	5
	Mit Schwierigkeiten	3
	Geht nicht	0
Ausreichend mobil um unabhängig zu leben	Vollständig	5
	Teilweise	3
	Gar nicht	0
Selbstständiges an- und auskleiden inkl. Socken und Schuhe	Vollständig	5
	Teilweise	3
	Gar nicht	0
Selbstständiges hinsetzen und aufstehen	Ohne Schwierigkeiten	4
	Mit Schwierigkeiten	2
	Geht nicht	0
Aufheben von Gegenständen im Hocken oder Knien	Ohne Schwierigkeiten	3
	Mit Schwierigkeiten	1
	Geht nicht	0
Selbstständiges Baden oder Duschen	Vollständig	3
	Teilweise	1
	Gar nicht	0
Normales Treppenlaufen möglich	Ohne Schwierigkeiten	3
	Mit Schwierigkeiten	1
	Geht nicht	0
Treppenlaufen irgendwie möglich	Geht	2
	Geht nicht	0
Tragen von Gegenständen wie z.B. einen Koffer	Geht	2
	Geht nicht	0
Selbstständiges ein- und aussteigen in Verkehrsmittel und Fortbewegen	Ohne Schwierigkeiten	2
	Mit Schwierigkeiten	1
	Geht nicht	0
Fahren eines Autos	Geht	1
	Geht nicht	0
Schmerzen	Schmerzfreiheit	35
	Milder Schmerz bei Erschöpfung	30
	Milder Schmerz bei Belastung	20
	Mäßiger Schmerz bei Belastung	15
	Starker Schmerz bei Belastung, mild oder mäßig persistierend	10
	Starker kontinuierlicher Schmerz	0
Gang	Ohne Hilfe, kein Hinken	10
	Ohne Hilfe, mit Hinken	8
	Mit einem Gehstock / einer Krücke	8
	Mit einer Beinschiene	8
	Mit einer Beinschiene und Gehstock / Krücke	6
	Mit zwei Krücken mit / ohne Beinschiene	4
	Gehen nicht möglich	0
Form und Stabilität	Keine feste Beugung über 10° bei Belastung	3
	Keine feste Beugung über 20° bei Belastung	2
	Keine feste Beugung über 30° bei Belastung	1
	Keine Varus-/Valgusdeformität über 10° bei Belastung	3
	Keine Varus-/Valgusdeformität über 20° bei Belastung	2
	Keine Varus-/Valgusdeformität über 30° bei Belastung	1
	Keine Bandinstabilität	2
Range of motion (ROM)	Kein Blockieren, giving away oder Streckdefizit über 10°	2
	1 Punkt pro 15° (max. 10 P)	

Tabelle 13: Iowa Knee Evaluation Score ^[102]

4 Ergebnisse

4.1 Demographische Daten

Von 2011 – 2014 wurden bei 25 Patienten insgesamt 26 Patellafrakturen mit einer winkelstabilen polyaxialen Plattenosteosynthese operativ versorgt. Alle Patienten wurden eingeladen an der Studie teilzunehmen. Ein Patient lehnte die Teilnahme ab, vier Patienten brachen die Studie nach einem Wohnortwechsel im weiteren Verlauf ab. Letztendlich konnten nach schriftlicher Einwilligung 19 Patienten mit insgesamt 20 Patellafrakturen prospektiv beobachtet und abschließend bewertet werden. Der überwiegende Anteil, was 14 Patienten (70%) entsprach, gehörte dem weiblichen Geschlecht an. Lediglich 6 Patienten (30%) waren männlichen Geschlechts. Das Durchschnittsalter lag bei $64,5 \pm 23,56$ Jahren, bei einer Spanne von 18 – 93 Jahren. Beide Knie waren mit 11 Fällen links (55%) und 9 Fällen rechts (45%) nahezu gleich häufig betroffen. Der Frakturtyp wurde nach der AO-ASIF Klassifikation bestimmt und zeigte eine asymmetrische Verteilung. Die einfache Patellaquerfraktur entsprechend Typ C1 war mit 10 Fällen (50%) die häufigste, gefolgt von 7 Fällen (35%) einer Mehrfragment- beziehungsweise Trümmerfraktur des Typ C3 und 3 Fällen (15%) einer T-förmigen Fraktur entsprechend Typ C2. In 16 Fällen (80%) lag eine isolierte Patellafraktur vor. Drei Patienten mit insgesamt 4 Patellafrakturen (20%) wiesen Begleitverletzungen auf.

Die operative Versorgung erfolgte im Durchschnitt $5,6 \pm 6,4$ Tage nach Diagnosestellung bei einer Spanne von 0 – 29 Tagen. Die Operation dauerte zwischen 37 und 116 Minuten bei einem Durchschnittswert von $74 \pm 19,57$ Minuten und war in allen Fällen frei von intraoperativen Komplikationen. Bezogen auf die Frakturen vom Typ C1 betrug die durchschnittliche Operationszeit $73,2 \pm 10,68$ Minuten (Spanne: 59 – 95). Bei den Frakturen vom Typ C2 dauerte die Operation im Durchschnitt $72,6 \pm 24,19$ Minuten (Spanne: 54 – 100). Die operative Versorgung der Frakturen vom Typ C3 dauerte im Mittel $77,7 \pm 28,61$ Minuten (Spanne: 37 – 116). Ein Patient war primär in einem anderen Krankenhaus mit einer anterioren modifizierten Zuggurtungsosteosynthese operativ versorgt worden. Bei sekundärer Dislokation der Fraktur konnte er im Rahmen der Re-Osteosynthese erst 29 Tage nach Erstdiagnose mit einer polyaxialen winkelstabilen Plattenosteosynthese versorgt werden. Eine weitere Patientin mit Patellafrakturen beidseits, wurde im

Rahmen des Polytrauma Managements erst nach Stabilisierung der Vitalparameter, 12 Tage später an beiden Patellae gleichzeitig operativ versorgt.

Der stationäre Aufenthalt dauerte im Mittel $11,5 \pm 6,03$ Tage (Spanne: 4 - 24). Betrachtet man nur die Patienten mit einer Patellafraktur und zusätzlichen Begleitverletzungen, betrug die durchschnittliche Aufenthaltsdauer $18 \pm 6,97$ Tage (Spanne: 11 – 24). Im Vergleich dazu dauerte der mittlere Stationäre Aufenthalt bei den Patienten mit einer isolierten Patellafraktur $9,8 \pm 4,71$ Tage (Spanne: 4 – 19).

4.2 Score nach Lysholm und Gillquist

Im Rahmen der postoperativen Evaluation 1 Jahr nach erfolgter osteosynthetischer Versorgung zeigte sich im Score nach Lysholm und Gillquist ^[132] eine durchschnittlich erreichte Punktzahl von $89,5 \pm 8,5$ Punkten. Die Spanne liegt zwischen 71 Punkten und der maximal möglichen Punktzahl von 100. Das Ergebnis bezüglich dieses Scores wird somit als „gut“ bewertet. Differenziert man bei der Auswertung nach dem Frakturtyp, so ergibt sich für die Patienten mit einer Typ C1 Fraktur ein mittlerer Wert von $85,7 \pm 10,08$ Punkten (Spanne: 71 – 100). Bei der Auswertung der Frakturen vom Typ C2 ergibt sich ein Durchschnittswert von $84 \pm 9,27$ Punkten (Spanne: 87 – 100). Die Patienten mit einer Fraktur vom Typ C3 erreichen im Durchschnitt $93 \pm 3,69$ Punkte (Spanne: 89 – 99). Analysiert man die Daten der Patienten mit einer Patellafraktur und Vorliegen von Begleitverletzungen, so erreichen diese unabhängig vom Frakturtyp im Mittel $81,7 \pm 12,09$ Punkte (Spanne: 71 – 95). Die Patienten mit einer isolierten Patellafraktur erzielen durchschnittlich eine Punktzahl von $91,4 \pm 6,51$ bei einer Spanne von 76 – 100 Punkten. (siehe Abb. 9)

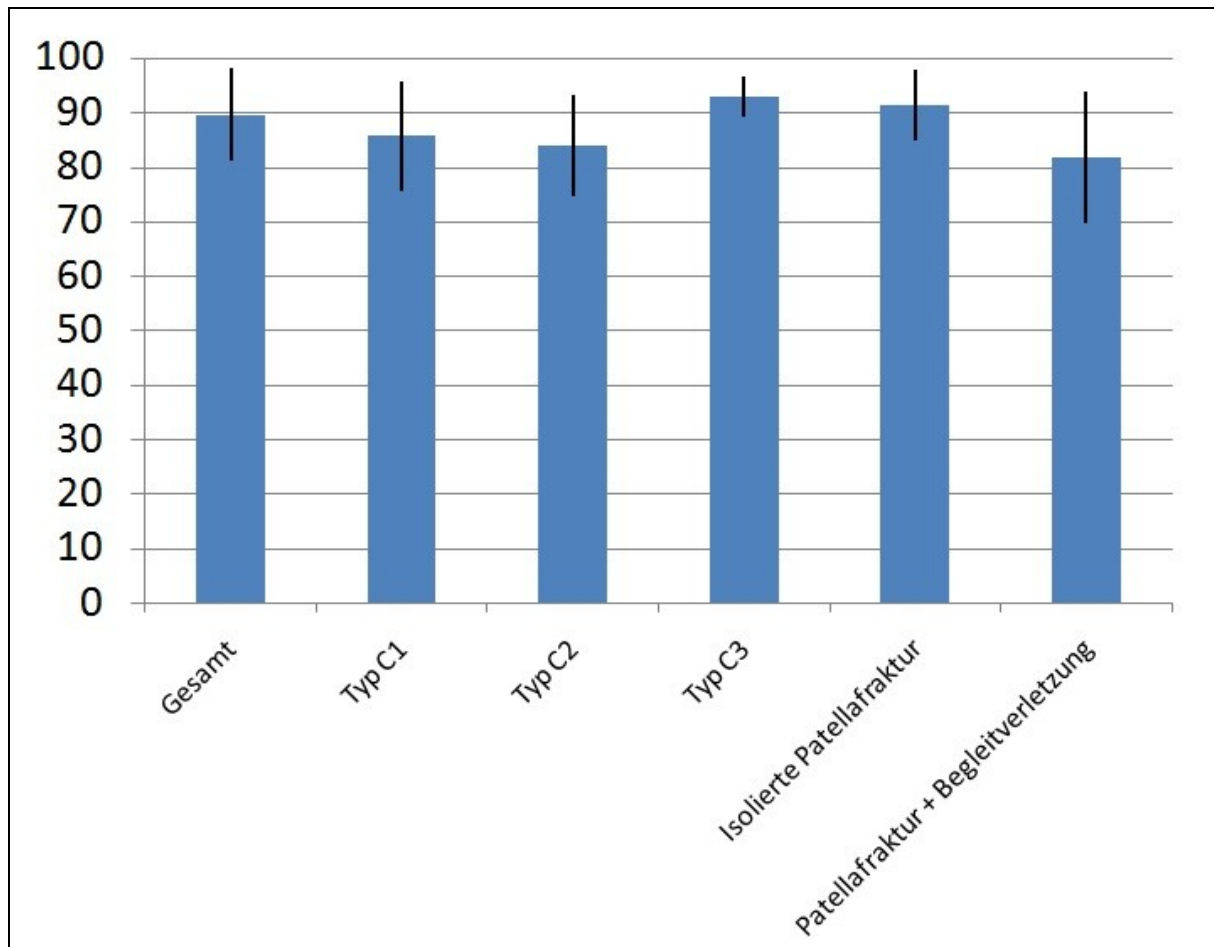


Abbildung 9: Punkte nach Lysholm und Gillquist Score

4.3 Aktivitätsscore nach Tegner und Lysholm

Bei der Bewertung des Aktivitätsscore nach Tegner und Lysholm ^[141,161] verglichen wir die präoperativen Ergebnisse mit denen, welche 12 Monate postoperativ erreicht wurden. Prä- wie postoperativ zeigt sich ein relativ breites Aktivitätsniveau innerhalb des Patientenkollektives, welches bei maximal möglichen 10 Punkten von 1 – 9 reichte. Der durchschnittliche Wert lag präoperativ bei $3,4 \pm 1,79$ und postoperativ nahezu identisch bei $3,2 \pm 1,80$ Aktivitätspunkten. Die Differenz prä- gegenüber postoperativ beträgt durchschnittlich $-0,2 \pm 0,52$ Punkte (Spanne: 0 – 2). Lediglich bei zwei Patienten (10%) wich das postoperative Aktivitätsniveau von 3 auf 2 Punkte nach unten ab. In einem Fall (5%) sank das Aktivitätslevel von 5 auf 3 Punkte. (siehe Abb. 10)

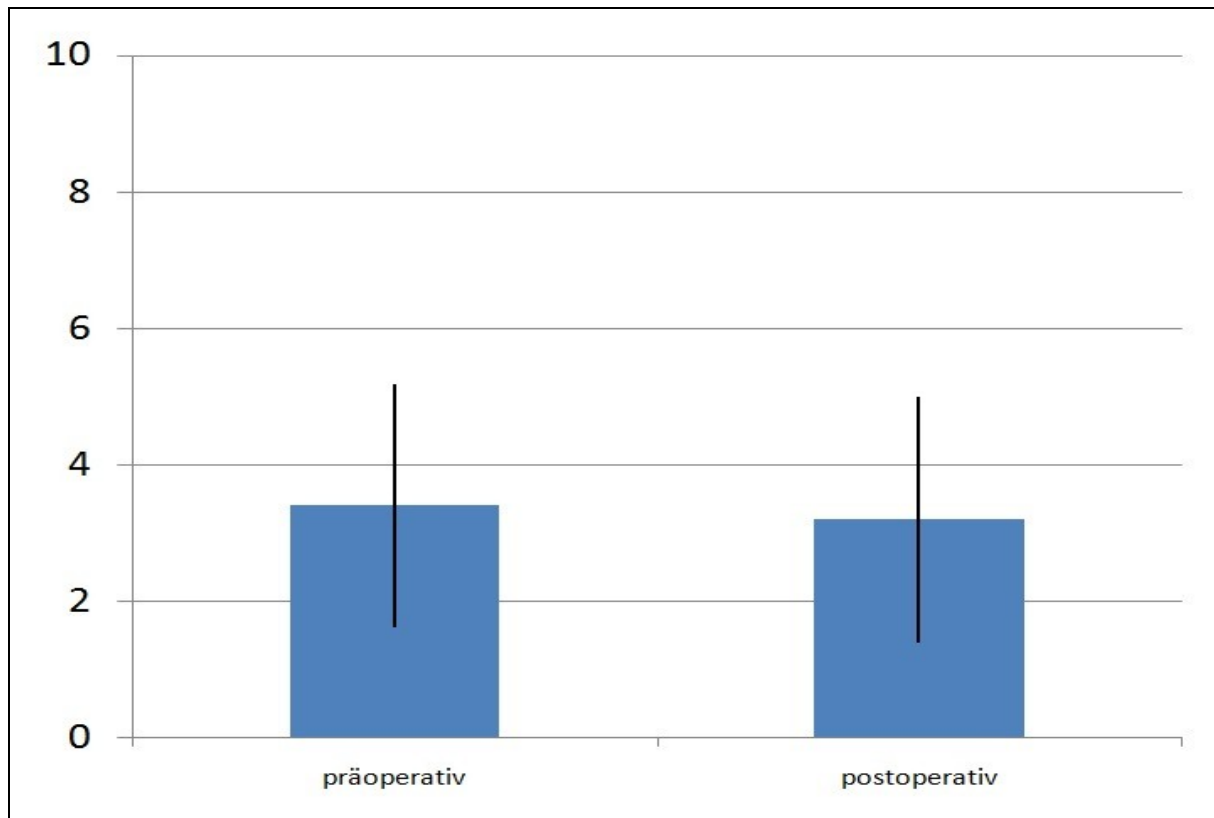


Abbildung 10: Punkte nach Tegner Aktivitätsscore

4.4 HSS Score

Der HSS Score ^[118] zeigt ein sehr gutes Ergebnis. Bei maximal möglichen 100 Punkten werden im Durchschnitt $92 \pm 12,5$ Punkte erreicht (Spanne: 62 – 100). Differenziert man nach dem Frakturtyp, so ergibt sich für die Patienten mit einer C1 Fraktur ein mittlerer Wert von $85,8 \pm 15,22$ Punkten (Spanne: 62 – 100). Im Vergleich dazu erreichen die Patienten mit einer Patellafraktur vom Typ C2 ein durchschnittliches Ergebnis von $94,6 \pm 4,72$ Punkten. Patienten mit einer Typ C3 Fraktur erzielen im Durchschnitt hervorragende $99,8 \pm 0,37$ Punkte (Spanne: 99 – 100). Die Patienten mit einer Typ C3 Fraktur schneiden hier mit Abstand am besten ab. Betrachtet man isoliert die Gruppe der Patienten mit einer Patellafraktur und zusätzlichen Begleitverletzungen, so beträgt der mittlere erzielte Wert $83,7 \pm 19,29$ Punkte (Spanne: 62 – 100).

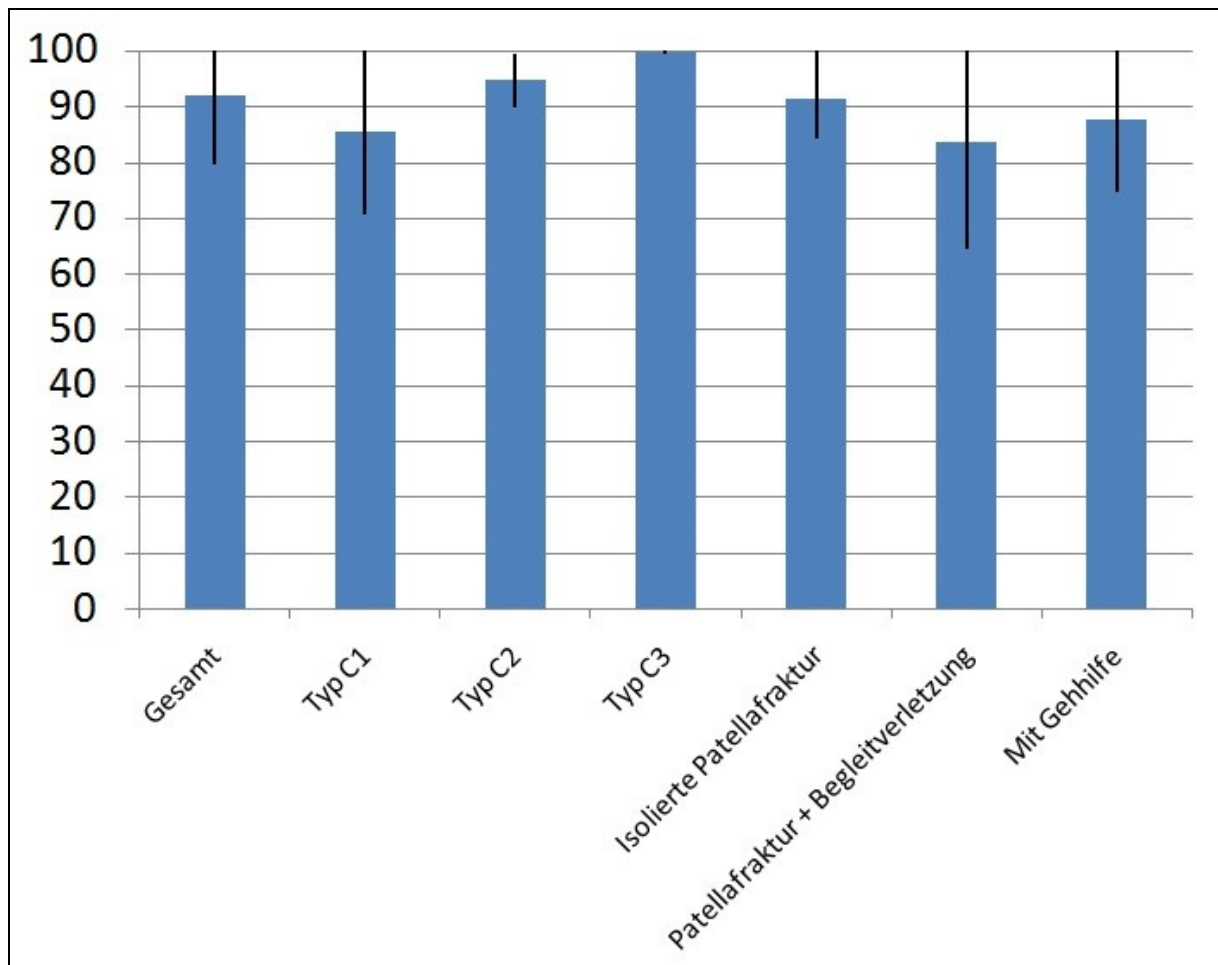


Abbildung 11: Punkte nach HSS Score

Stellt man dem die Patienten mit einer isolierten Patellafraktur gegenüber, zeigt sich ein durchschnittlicher Wert von $94,1 \pm 10,02$ Punkten (Spanne: 68 – 100). Abzüge für Gehhilfen bekamen 5 Patienten (25%). Zwei Patienten benötigen einen Gehstock, ein Patient läuft an zwei Gehstützen. Ein anderer Patient ist am Rollator, ein weiterer am Gehbock mobil. Der mittlere Punktwert in der Patientengruppe mit Gehhilfen beträgt $87,6 \pm 12,89$ Punkte (Spanne: 68 – 99). Ein Vergleich mit dem präoperativen Status wurde nicht erhoben. (siehe Abb. 11)

4.5 Patella-Score nach Turba et al.

Der Patella Score nach Turba et al. ^[147] gliedert sich in einen subjektiven und objektiven Teil. Im subjektiven Teil kann im schlechtesten Fall eine Punktzahl von 12 Punkten, im objektiven Teil von 16 Punkten erreicht werden. Der durchschnittliche Wert im subjektiven Teil liegt in dieser Studie bei 1,5 Punkten (Spanne: 0 – 3). Im

objektiven beträgt der Durchschnittswert 0,5 Punkte (Spanne: 0 – 3). Insgesamt liegt der Durchschnitt mit $2 \pm 1,41$ Punkten (Spanne: 0 – 5) im guten Bereich. Betrachtet man isoliert die Patienten mit einer Patellafraktur vom Typ C1, so erreichen die Patienten im subjektiven Teil einen mittleren Wert von $1,4 \pm 0,84$ Punkten (Spanne: 0 – 3). Im objektiven Teil liegt der durchschnittliche Wert bei $0,7 \pm 0,92$ Punkten (Spanne: 0 – 3). Bezogen auf beide Abschnitte liegt der summierte Mittelwert in dieser Gruppe bei $2,1 \pm 1,50$ Punkten (Spanne: 0 – 5). Im Vergleich dazu liegt der durchschnittliche Wert bei den Patienten mit einer Typ C1 Fraktur im subjektiven Teil bei $1,66 \pm 1,15$ Punkten (Spanne: 1 – 3). Im objektiven Abschnitt erreichen die Teilnehmer im Mittel $0,66 \pm 0,57$ Punkte (Spanne: 0 – 1). Die summierte Auswertung der Patienten mit einer Typ C2 Fraktur ergibt einen Durchschnittswert von $2,33 \pm 1,52$ Punkten (Spanne: 1 – 4). Die Patienten mit einer Patellafraktur vom Typ C3 erreichen im subjektiven Teil eine mittlere Punktzahl von $1,57 \pm 1,13$ Punkten (Spanne: von 0 – 3). Herausragend ist in dieser Gruppe der objektive Abschnitt. Hier werden im Mittel $0,14 \pm 0,37$ Punkte erreicht, was dem besten Ergebnis aller Frakturtypen entspricht. Lediglich einmal wird ein Punkt vergeben, sonst jedoch ausschließlich der Bestwert null Punkte. Der summierte Mittelwert beträgt hier $1,71 \pm 1,11$ Punkte (Spanne: 1 – 3). Vergleicht man die Gruppe mit einer Patellafraktur und zusätzlichen Begleitverletzungen mit der Gruppe mit einer isolierten Patellafraktur, so erreichen die Patienten mit einer isolierten Patellafraktur im subjektiven Teil einen durchschnittlichen Wert von $1,31 \pm 0,87$ Punkten (Spanne: 0 – 3). Bei den Patienten mit einer zusätzlichen Begleitverletzung liegt der mittlere Wert in diesem Abschnitt bei $2,25 \pm 0,95$ Punkten (Spanne: 1 – 3). Im objektiven Teil liegt der Mittelwert bei den Patienten mit einer isolierten Patellafraktur bei $0,31 \pm 0,54$ Punkten (Spanne: 0 – 1) gegenüber $1,25 \pm 1,50$ Punkten (Spanne: 0 – 3) bei den Patienten mit einer Patellafraktur und zusätzlicher Begleitverletzung. Der summierte Mittelwert liegt bei den Patienten mit einer isolierten Patellafraktur bei $1,62 \pm 1,02$ Punkten (Spanne: 0 – 4), gegenüber einem auffällig schlechteren Durchschnittswert von $3,5 \pm 1,91$ Punkten (Spanne: 1 – 5) in der Gruppe mit einer Patellafraktur und zusätzlicher Begleitverletzung. (siehe Abb. 12)

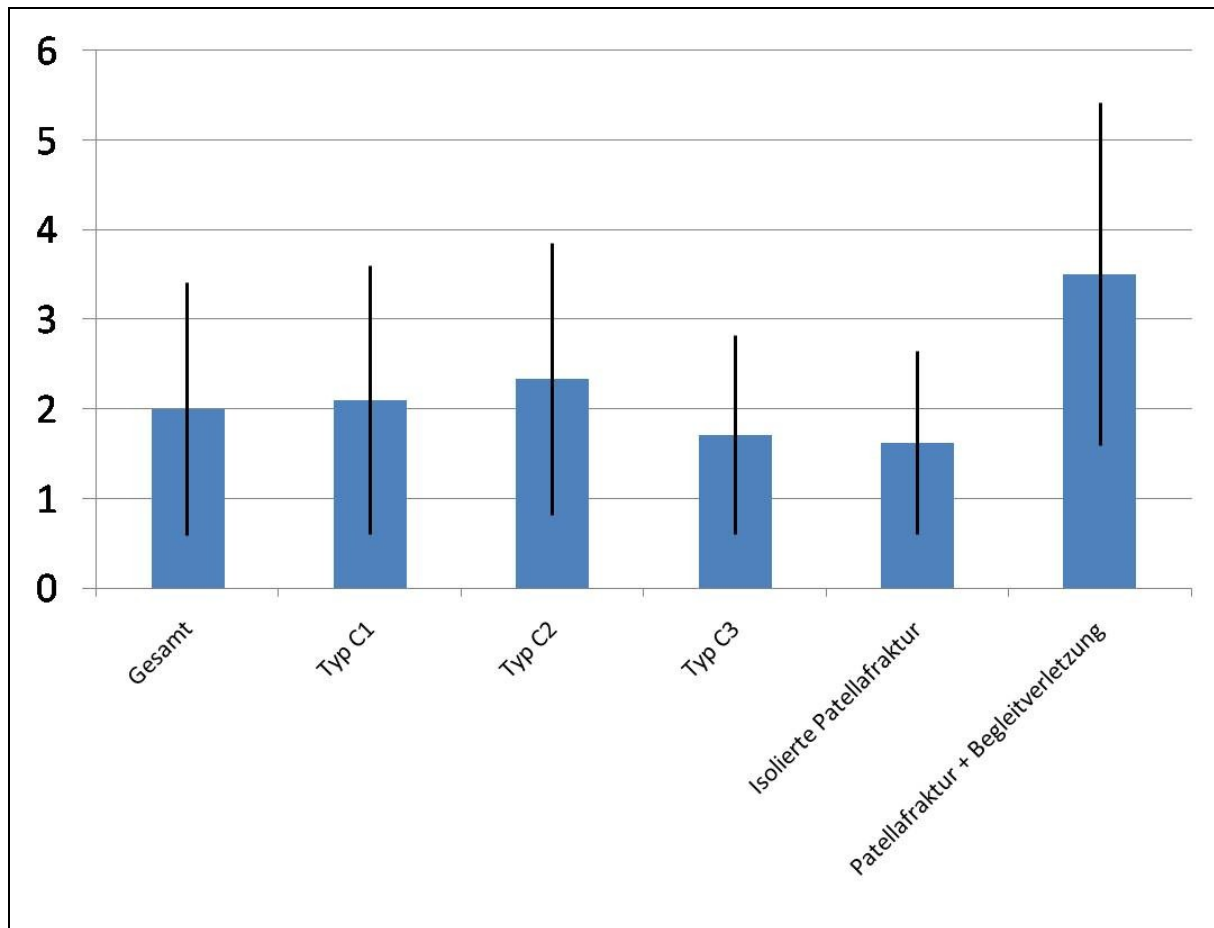


Abbildung 12: Punkte nach Patella Score nach Turba et al.

4.6 Modifizierter Oxford Knee Score

Die Evaluation des modifizierten Oxford Knee Score ^[107] ergibt mit einem Durchschnittswert von $41,5 \pm 5,1$ bei maximal 48 möglichen Punkten ein exzellentes Resultat. Die Spanne reicht hier von 28 Punkten im Falle des Patienten mit einer Re-Osteosynthese bis hin zur maximal möglichen Punktzahl von 48. Bei der Differenzierung nach Frakturtyp erreichen die Patienten mit einer Typ C1 Fraktur einen mittleren Wert von $39,1 \pm 6,00$ Punkten (Spanne: 28 – 48). Die Patienten mit einer Fraktur vom Typ C2 erlangen durchschnittlich $43 \pm 1,73$ Punkte (Spanne: 41 - 44). Am besten schneidet die Gruppe mit einer Typ C3 Fraktur ab. Hier liegt der Wert im Mittel bei $44,1 \pm 2,91$ Punkten (Spanne: 40 – 48). In der Gruppe der Patienten mit einer Patellafraktur und zusätzlicher Begleitverletzung beträgt der Durchschnittswert $40,5 \pm 4,12$ Punkte (Spanne: 36 – 44). Bei Patienten mit einer isolierten Patellafraktur liegt der Mittelwert bei $41,6 \pm 5,41$ Punkten (Spanne: 28 – 48). (siehe Abb. 13)

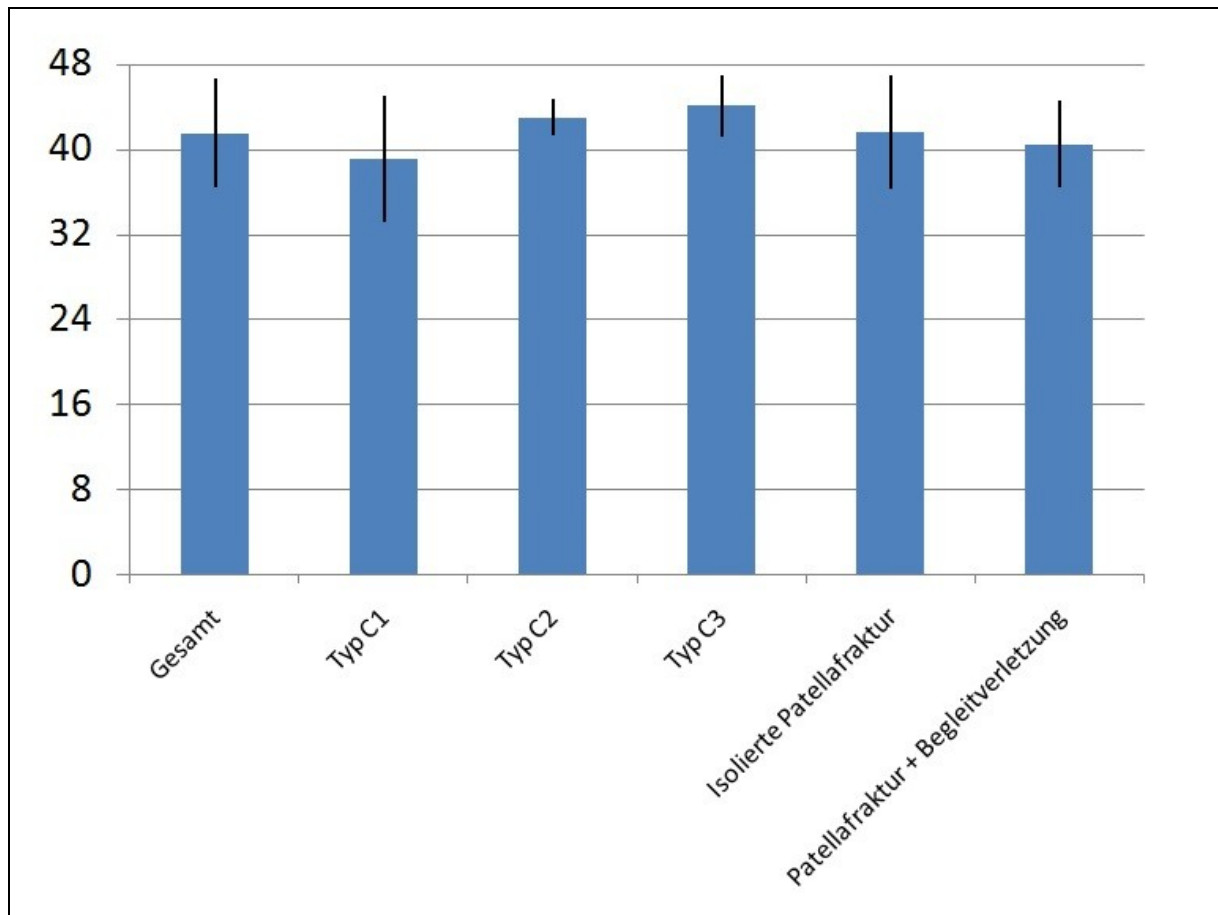


Abbildung 13: Punkte nach modifiziertem Oxford Knee Score

4.7 Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS)

Auch der Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score ^[77] zeigt insgesamt ein gutes Ergebnis. In der Kategorie „Schmerz“, mit einer maximalen Punktzahl von 28, wird ein Durchschnitt von $23,9 \pm 3,56$ Punkten ($85,5\% \pm 12\%$) erreicht (Spanne: 17 – 28 Punkte bzw. 60 – 100%). In der Kategorie „Symptome“ liegt der durchschnittliche Wert bei $34 \pm 4,22$ Punkten, entsprechend $94,4\% \pm 11\%$ (Spanne: 20 - 36 Punkte bzw. 55 – 100%). Bei den „Aktivitäten des täglichen Lebens“ („ADL“) beträgt der Durchschnittswert $61,7 \pm 6,43$ Punkte oder $90,7\% \pm 9\%$, (Spanne: 47 - 68 Punkte bzw. 69 – 100%). In der Kategorie „Sport“ bringen es die Studienteilnehmer auf einen durchschnittlichen Punktwert von $12,5 \pm 4,91$, entsprechend $62,5\% \pm 24\%$ (Spanne: 4 – 20 Punkte bzw. 20 – 100%). Bei der „Lebensqualität“ („QOL“) wird ein mittlerer Wert von $12,6 \pm 2,47$ Punkten ($78,7\% \pm 15\%$) erreicht (Spanne: 8 - 16 bzw. 50 – 100%).

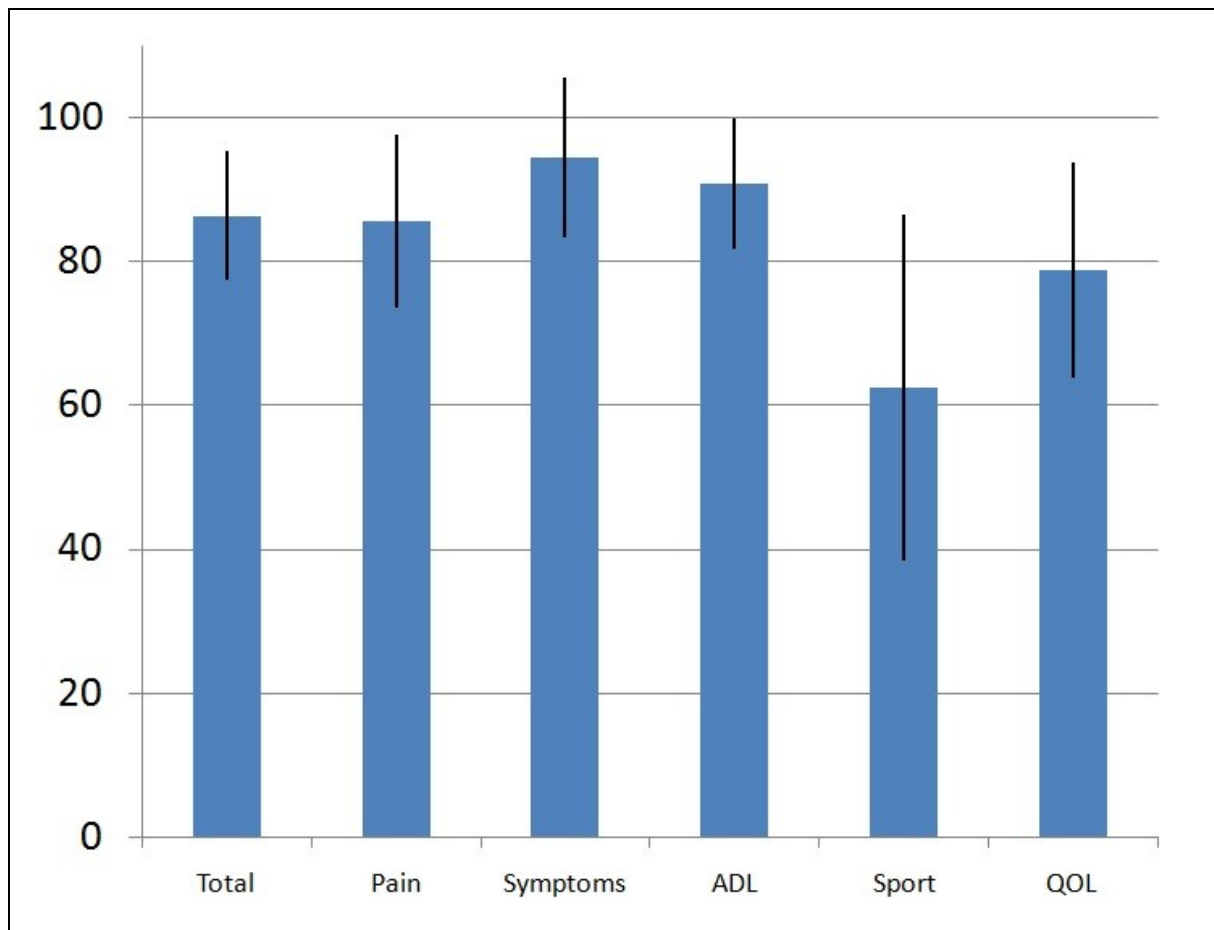


Abbildung 14: Ergebnisse Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score alle Patienten in Prozent

Über alle Kategorien wird eine gesamtdurchschnittliche Punktzahl von $145 \pm 16,09$ Punkten ($86,3\% \pm 9\%$) erzielt (Spanne: 118 – 167 Punkte bzw. 70 – 99%). (siehe Abb. 14)

Betrachtet man die Kategorie „Schmerz“, so erreichen die Patienten mit einer Typ C1 Fraktur im Mittel $24,2 \pm 3,29$ Punkte entsprechend $87,1\% \pm 11\%$ (Spanne: 18 – 28 Punkte). Patienten mit einer Typ C2 Fraktur erlangen in dieser Kategorie einen Mittelwert von $23 \pm 4,35$ Punkten oder $82,1\% \pm 15\%$ (Spanne: 20 - 28 Punkte). In der Gruppe der Patienten mit einer Patellafraktur vom Typ C3 liegt der Durchschnitt bei $24 \pm 4,12$ Punkten bzw. $85,7\% \pm 14\%$ (Spanne: 17 – 28 Punkte). Analysiert man in der Kategorie „Schmerz“ das Ergebnis aller Patienten mit einer Patellafraktur und zusätzlicher Begleitverletzung, so zeigt sich hier das schlechteste Ergebnis aller Gruppen bei einem Mittelwert von $20,5 \pm 2,64$ Punkten bzw. $73,2\% \pm 9\%$ (Spanne: 17 – 23 Punkte). Bei den Patienten mit einer isolierten Patellafraktur erreicht der Mittelwert $24,8 \pm 3,27$ Punkte bzw. $88,5\% \pm 11\%$ (Spanne: 18 – 28 Punkte).

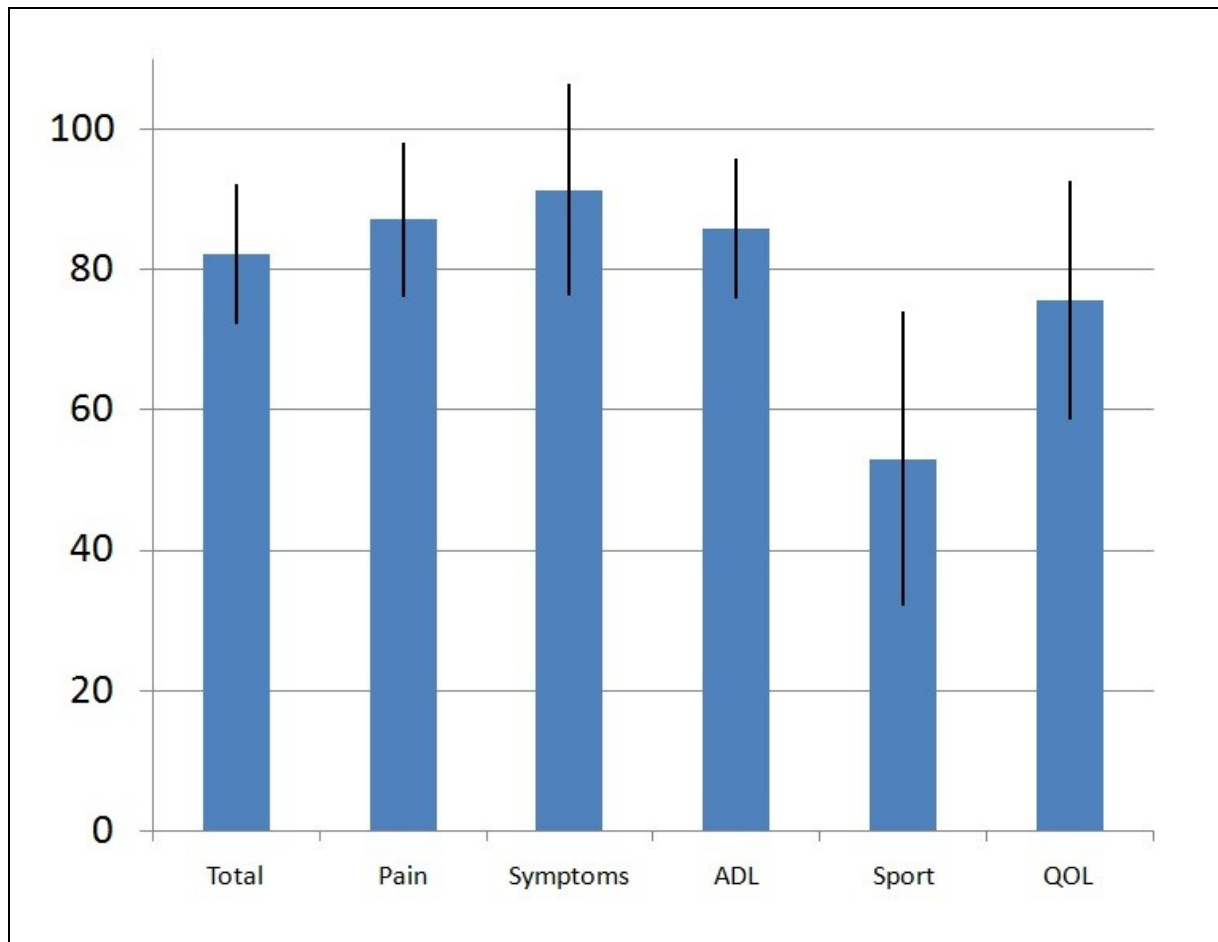


Abbildung 15: Ergebnisse Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score Typ C1 Fraktur in Prozent

In der Kategorie „Symptome“ liegt der durchschnittliche Wert bei den Patienten mit einer Patellafraktur vom Typ C1 bei $32,9 \pm 5,66$ Punkten oder $91,3\% \pm 15\%$ (Spanne: 20 – 36 Punkte). Bei den Patienten mit einer Typ C2 Fraktur liegt der Mittelwert bei $35,3 \pm 1,15$ Punkten bzw. $98\% \pm 3\%$ (Spanne: 34 - 36 Punkte). Die Gruppe der Patienten mit einer Typ C3 Fraktur erreicht einen Durchschnitt von $35,1 \pm 1,86$ Punkten entsprechend $97,5\% \pm 5\%$ (Spanne: 31 – 36 Punkte). Betrachtet man in der Kategorie „Symptome“ isoliert die Gruppe der Patienten mit einer Patellafraktur und zusätzlicher Begleitverletzung, so liegt hier der Mittelwert bei $29,2 \pm 8,05$ Punkten bzw. $81,1\% \pm 22\%$ (Spanne: 20 - 36 Punkte). Auch in dieser Kategorie schließen diese Patienten am schlechtesten ab. Im Vergleich dazu liegt der Durchschnitt bei den Patienten mit einer isolierten Patellafraktur bei $35,2 \pm 1,39$ Punkten entsprechend $97,7\% \pm 3\%$ (Spanne: 31 – 36 Punkte).

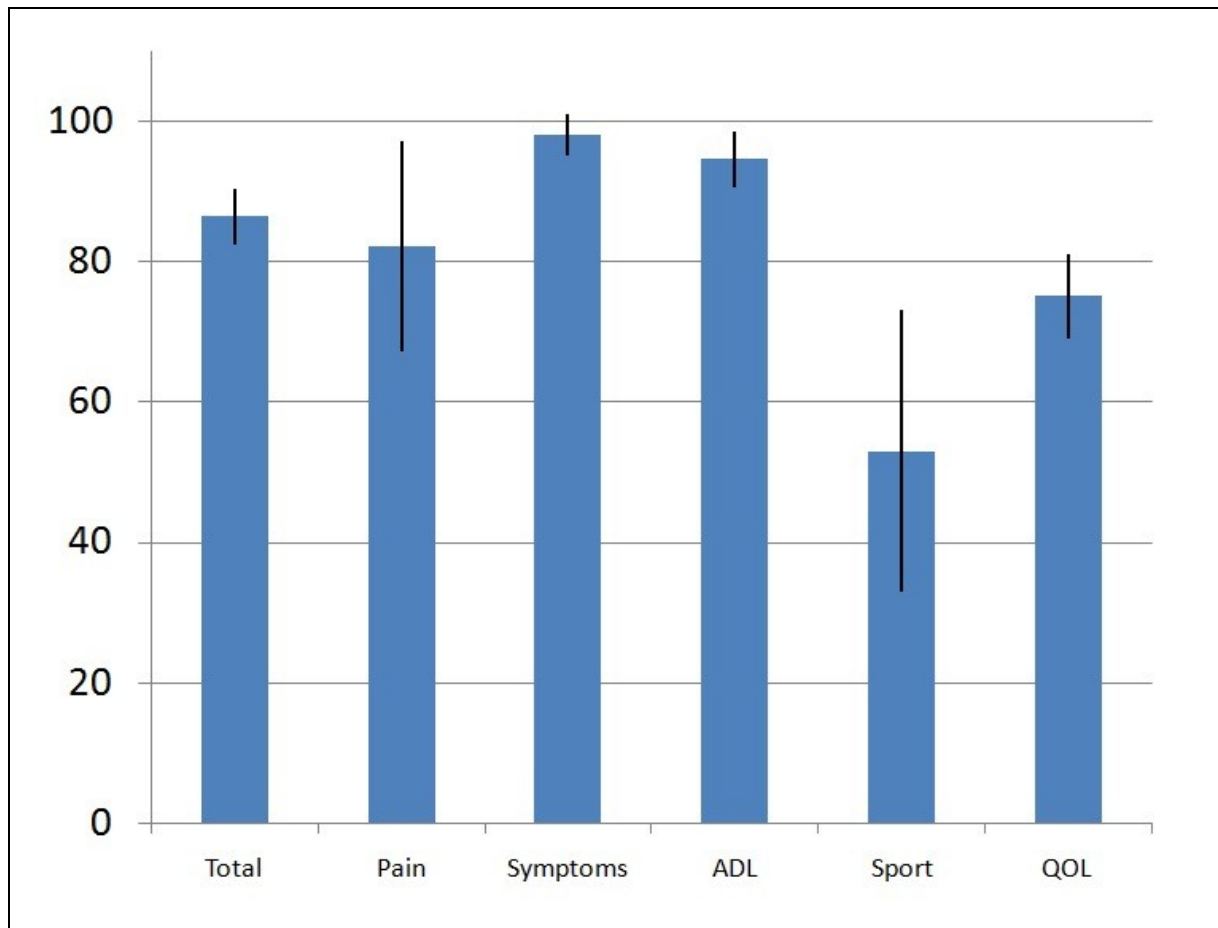


Abbildung 16: Ergebnisse Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score Typ C2 Fraktur in Prozent

Bei der Auswertung der Kategorie „Aktivitäten des täglichen Lebens“ erreichen die Patienten mit einer Typ C1 Fraktur einen durchschnittlichen Wert von $58,4 \pm 7,32$ Punkten bzw. $85,8\% \pm 10\%$ (Spanne: 47 - 68 Punkte). Die Gruppe der Patienten mit einer Typ C2 Fraktur erreicht im Durchschnitt $64,3 \pm 3,21$ Punkte oder $94,5\% \pm 4\%$ (Spanne: von 62 – 68 Punkte). Bei den Patienten mit einer Typ C3 Fraktur liegt der mittlere Wert bei $65,4 \pm 3,04$ Punkten bzw. $96,1\% \pm 4\%$ (Spanne: 61 – 68 Punkte). Bei der isolierten Betrachtung der Patientengruppe mit einer Patellafraktur und zusätzlicher Begleitverletzung erreicht der Durchschnitt $60,7 \pm 8,38$ Punkte entsprechend $89,2\% \pm 12\%$ (Spanne: 53 - 68 Punkt). Bei den Patienten mit einer isolierten Patellafraktur zeigt sich eine mittlere Punktzahl von $62 \pm 6,16$ Punkten bzw. $91,1\% \pm 9\%$.

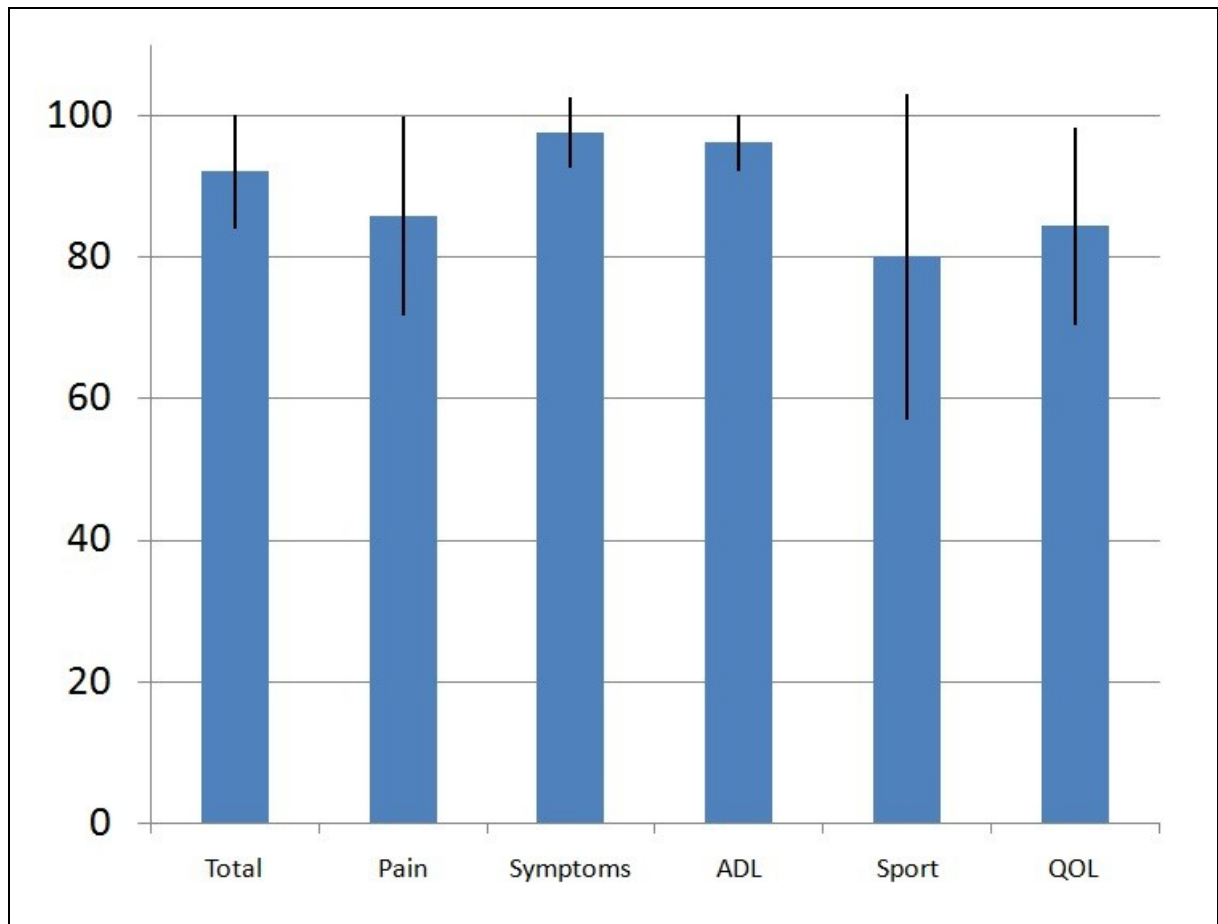


Abbildung 17: Ergebnisse Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score Typ C3 Fraktur in Prozent

In der Kategorie „Sport“ liegt der Mittelwert bei den Patienten mit einer Patellafraktur vom Typ C1 bei $10,6 \pm 4,27$ Punkten oder $53\% \pm 21\%$ (Spanne: 4 – 15 Punkte). Die Patienten mit einer Typ C2 Fraktur erreichen einen Durchschnitt von $10,6 \pm 4,16$ Punkten bzw. $53\% \pm 20\%$ (Spanne: von 6 – 14 Punkte). Bei der Gruppe der Patienten mit einer Typ C3 Fraktur liegt der mittlere Wert bei $16 \pm 4,61$ Punkten entsprechend $80\% \pm 23\%$ (Spanne: 9 - 20 Punkte). Patienten mit einer Patellafraktur und zusätzlicher Begleitverletzung liegen im Durchschnitt bei $12,2 \pm 2,87$ Punkten bzw. $61\% \pm 14\%$ (Spanne: 8 – 14 Punkte). Bei den Patienten mit einer isolierten Patellafraktur beträgt der Mittelwert $12,5 \pm 5,37$ Punkten oder $62,5\% \pm 26\%$ (Spanne: 4 - 20 Punkte).

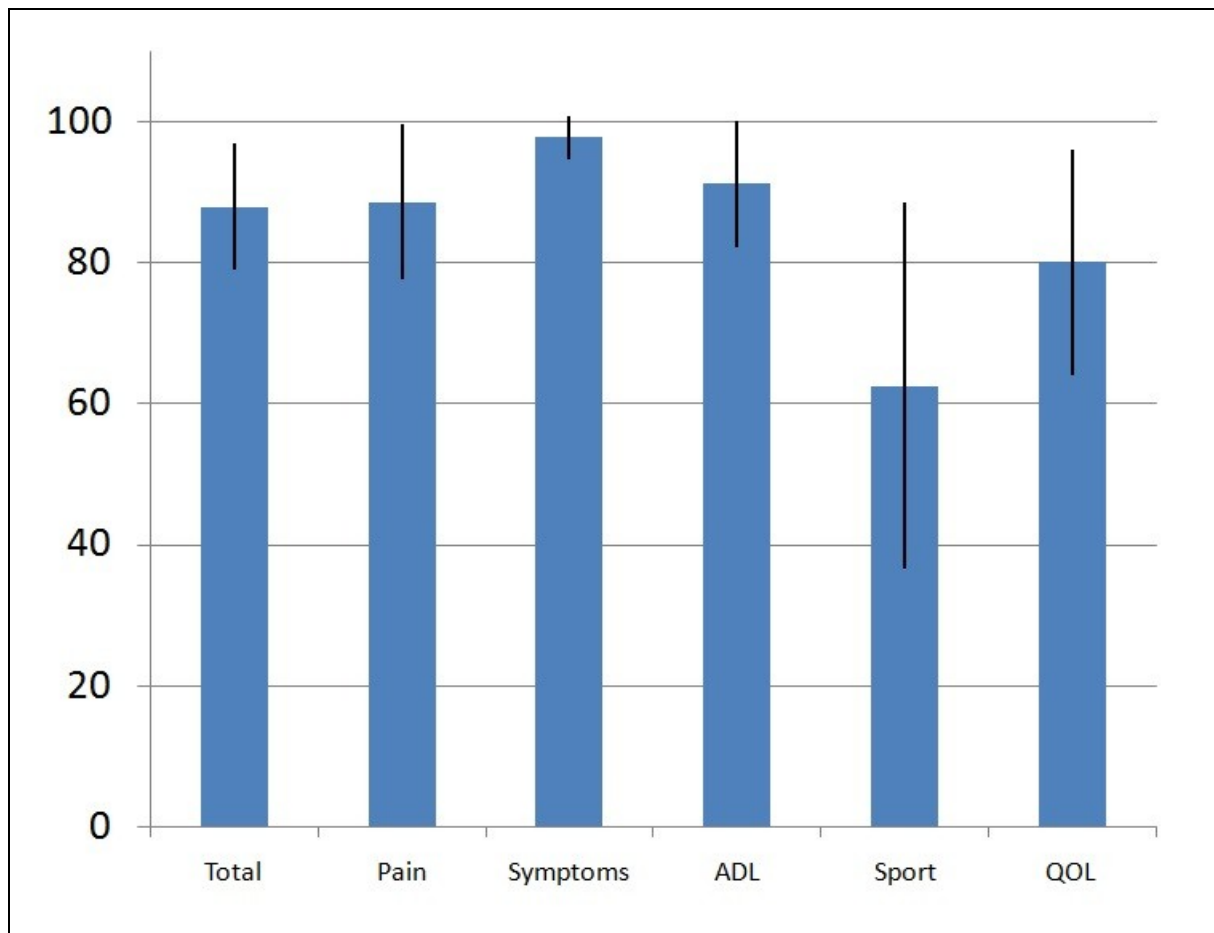


Abbildung 18: Ergebnisse Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score bei isolierter Patellafraktur in Prozent

In der Kategorie „Lebensqualität“ erreichen die Patienten mit einer Typ C1 Fraktur durchschnittlich $12,1 \pm 2,84$ Punkte bzw. $75,6\% \pm 17\%$ (Spanne: 8 – 15 Punkte). Bei der Gruppe der Patienten mit einer Typ C2 Fraktur liegt der mittlere Wert bei 12 ± 1 Punkten oder $75\% \pm 6\%$ (Spanne: 11 – 13 Punkte). Die Patienten mit einer Typ C3 Fraktur erzielen durchschnittlich $13,5 \pm 2,29$ Punkte entsprechend $84,3\% \pm 14\%$ (Spanne: 9 - 16 Punkte). Bei der Betrachtung der Gruppe mit Vorliegen einer Patellafraktur und zusätzlicher Begleitverletzung liegt hier der für die Kategorie „Lebensqualität“ niedrigste Mittelwert bei $11,5 \pm 1,91$ Punkten oder $71,8\% \pm 11\%$ (Spanne: 9 – 13 Punkte). Patienten mit einer isolierten Patellafraktur erreichen einen durchschnittlichen Wert von $12,8 \pm 2,57$ Punkten bzw. $80\% \pm 16\%$ (Spanne: 8 – 16 Punkte).

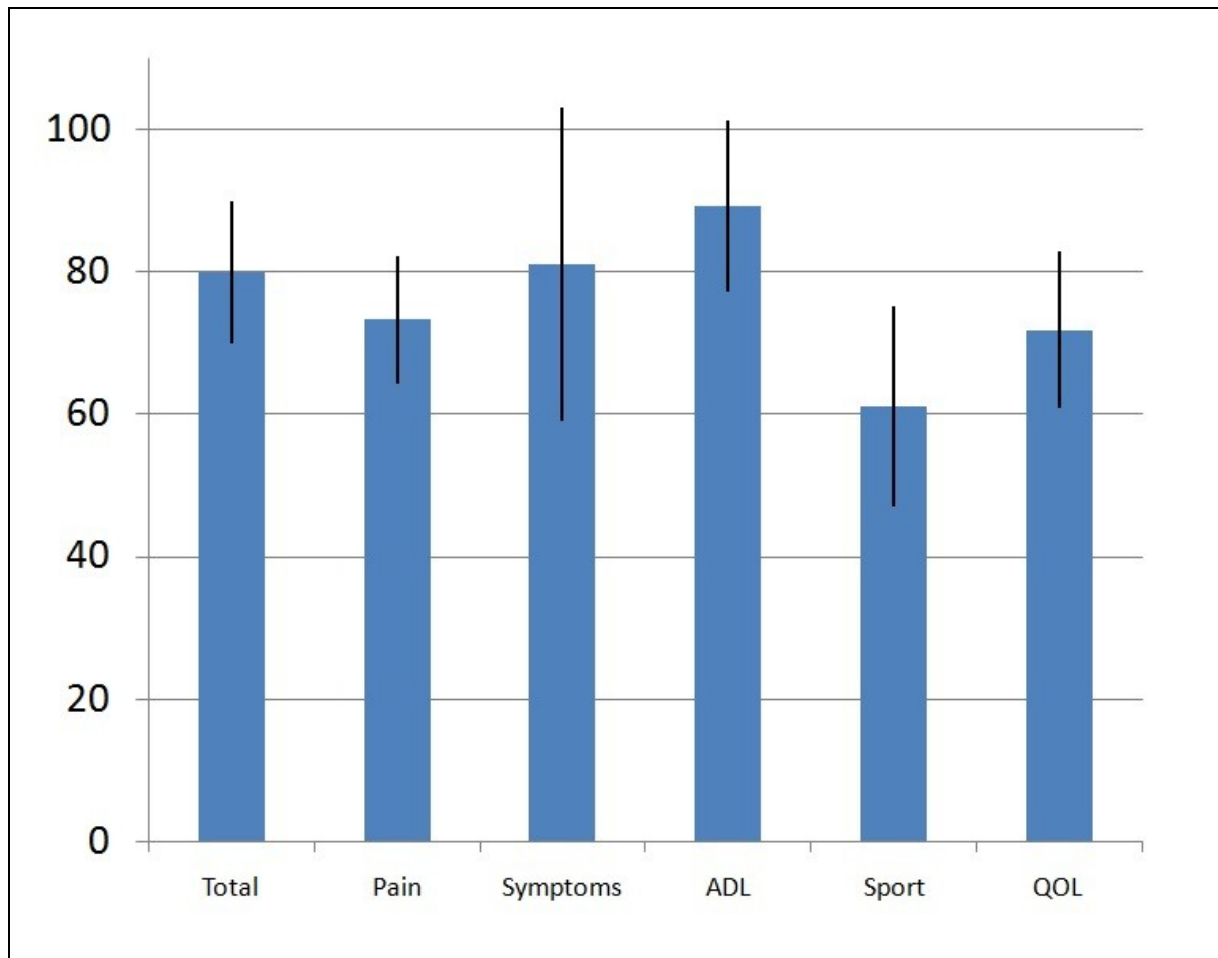


Abbildung 19: Ergebnisse Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score bei Patellafraktur mit Begleitverletzungen in Prozent

Erstellt man eine summierte Auswertung aller Kategorien, so erreichen die Patienten mit einer Patellafraktur vom Typ C1 durchschnittlich insgesamt $138,2 \pm 17$ Punkte oder $82,2\% \pm 10\%$ (Spanne: 118 - 163 Punkte). In der Gruppe der Patienten mit einer Typ C2 Fraktur liegt der mittlere Wert bei $145,3 \pm 7,37$ Punkten entsprechend $86,4\% \pm 4\%$ (Spanne: 137 - 151 Punkte). Patienten mit einer Typ C3 Fraktur schneiden im Gesamtvergleich am besten ab und erzielen im Durchschnitt $154,7 \pm 13,46$ Punkte oder $92\% \pm 8\%$ (Spanne: 130 - 167 Punkte). Den niedrigsten Mittelwert erreichen die Patienten mit einer Patellafraktur und zusätzlicher Begleitverletzung. Hier liegt der Durchschnitt bei insgesamt $134,2 \pm 17,67$ Punkten entsprechend $79,8\% \pm 10\%$ (Spanne: 118 - 151 Punkte). Die Gruppe der Patienten mit einer isolierten Patellafraktur schneidet mit einem Mittelwert von $147,7 \pm 15,06$ Punkten bzw. $87,9\% \pm 9\%$ (Spanne 126 - 167 Punkte) besser ab. (siehe Abb. 15 bis 20)

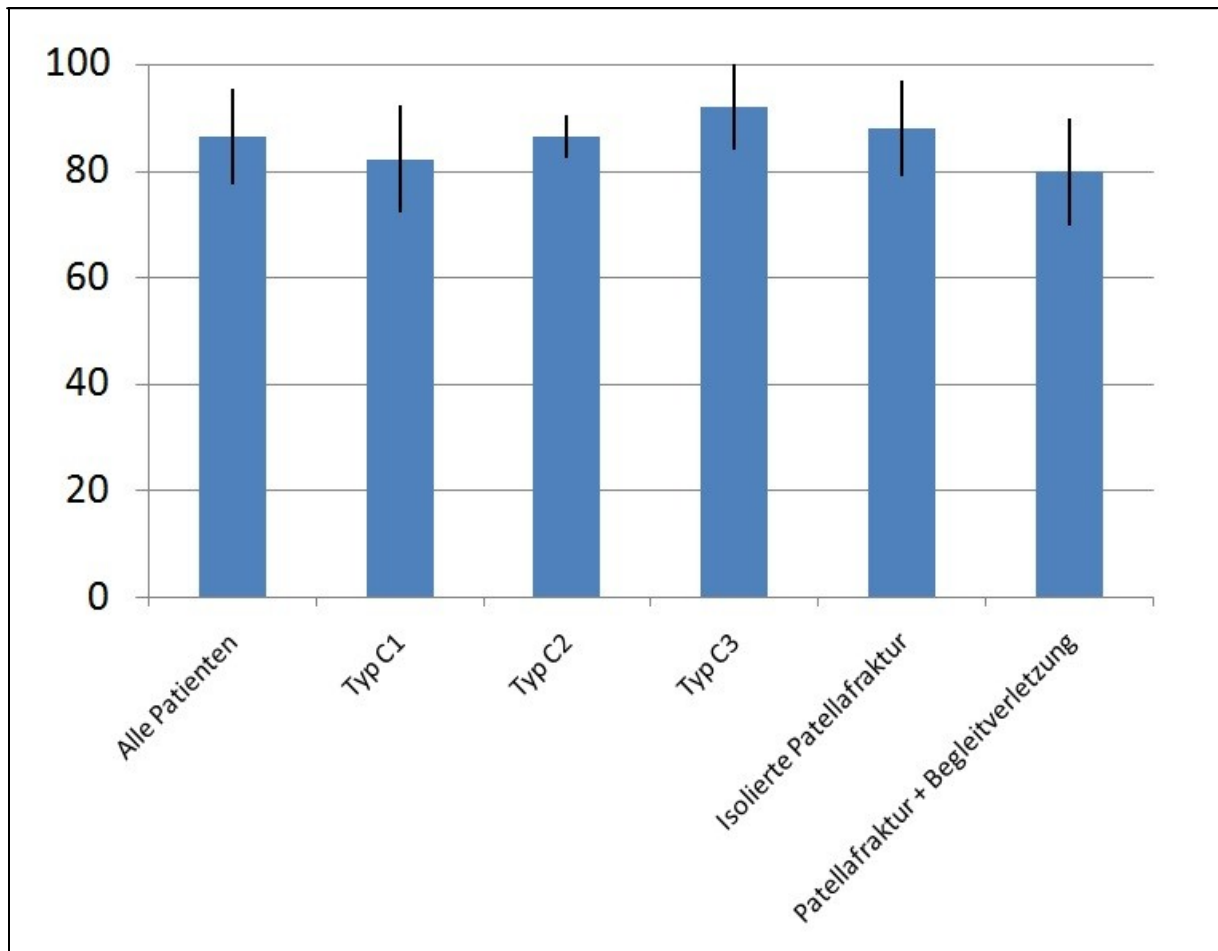


Abbildung 20: Ergebnisse Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score "Total", Vergleich der Patientengruppen in Prozent

4.8 Böstman Score

Bei der Auswertung des Böstman Score ^[13] erreichen die Patienten im Durchschnitt gute $27,4 \pm 3,77$ von maximal 30 möglichen Punkten (Spanne: 19 – 30 Punkte). Auffällig ist hierbei, dass das Bewegungsausmaß (Range of motion) bei niedriger Punktzahl in allen Fällen reduziert war. Betrachtet man die Ergebnisse in Bezug zum Frakturtyp, so zeigt sich bei den Patienten mit einer Typ C1 Fraktur ein Durchschnittswert von $25,9 \pm 4,6$ Punkten (Spanne: 19 – 30 Punkte). Bei der Gruppe mit einer Typ C2 Fraktur liegt der Durchschnitt bei $29,0 \pm 1,00$ Punkten (Spanne: 28 – 30 Punkte). Die Patienten mit einer Typ C3 Fraktur erreichen einen Mittelwert von $29 \pm 2,23$ Punkten (Spanne: 24 – 30 Punkte). Analysiert man das Ergebnis aller Patienten mit einer Patellafraktur und zusätzlicher Begleitverletzung, so liegt der erreichte Durchschnittswert bei $27,0 \pm 5,35$ Punkten (Spanne: 19 - 30 Punkte). Betrachtet man dagegen die Gruppe mit einer isolierten Patellafraktur, so erreichen

diese im Mittel $27,5 \pm 3,50$ Punkte (Spanne: 20 – 30 Punkte). (siehe Abb. 21)

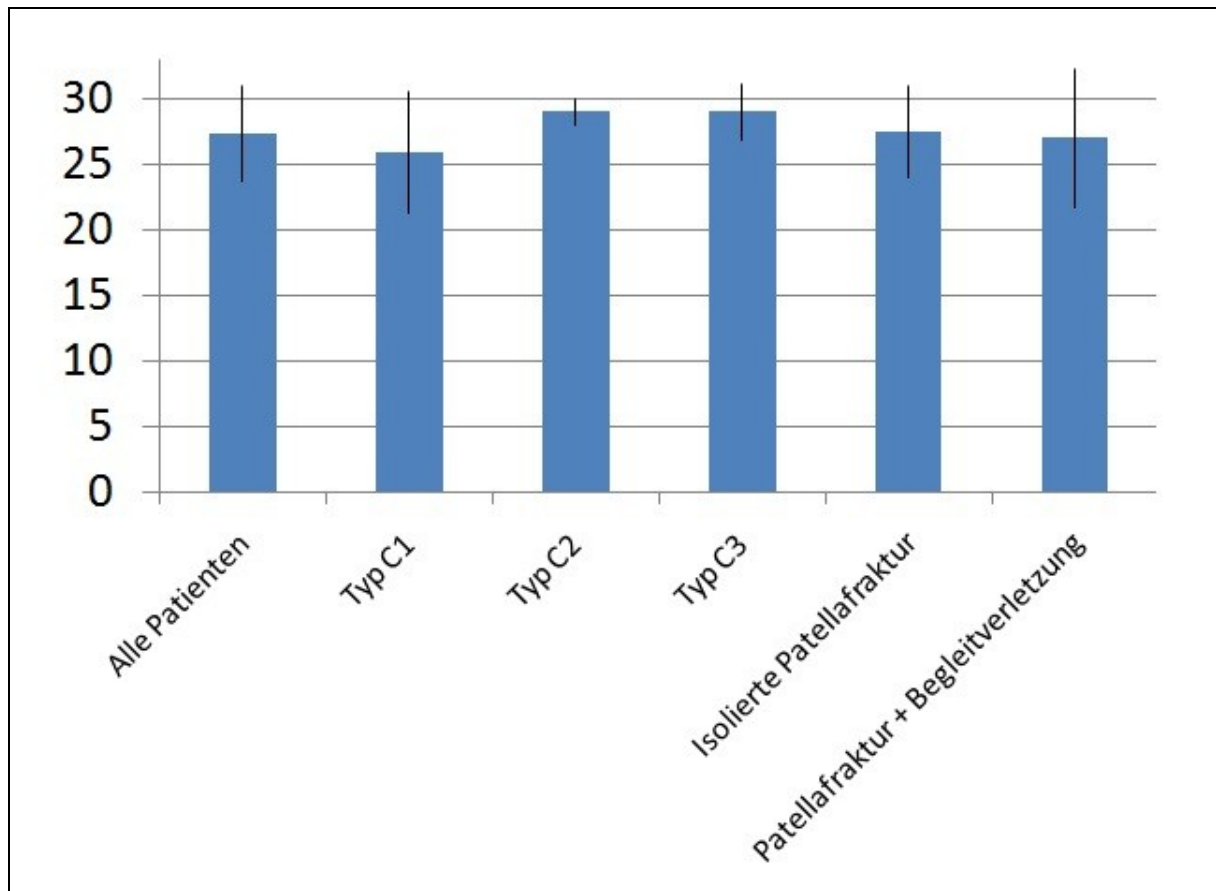


Abbildung 21: Punkte nach Böstman Score

4.9 Iowa Knee Evaluation Score

Bezüglich des Iowa Knee Evaluation Score ^[102] konnte mit einem durchschnittlichen Wert von $87,7 \pm 9,7$ Punkten ein sehr gutes Ergebnis erzielt werden. Bei maximal 100 möglichen Punkten reicht die Spanne von 65 – 99 Punkten. Insgesamt liegen 95% der Patienten im sehr guten und guten Bereich. Differenziert man das Ergebnis nach Frakturtyp, so erreichen die Patienten mit einer Typ C1 Fraktur einen mittleren Wert von $82,5 \pm 10,18$ Punkten (Spanne: 65 - 95 Punkte). Bei den Patienten mit einer Typ C2 Fraktur wird ein durchschnittlicher Wert von $90,0 \pm 7,21$ Punkten (Spanne: 84 – 98 Punkte) erreicht. Die Gruppe mit einer Typ C3 Fraktur schneidet mit durchschnittlich $94,2 \pm 5,15$ Punkten (Spanne: 85 – 99 Punkte) im Vergleich am besten ab, In der Analyse der Daten der Patienten mit einer Patellafraktur und

zusätzlicher Begleitverletzung liegt der Mittelwert bei $88,5 \pm 11,00$ Punkten (Spanne: 74 – 98 Punkte). Die Gruppe der Patienten mit einer isolierten Patellafraktur erzielt im Mittel $87,5 \pm 9,73$ Punkte (Spanne: 65 - 99 Punkte). (siehe Abb. 22)

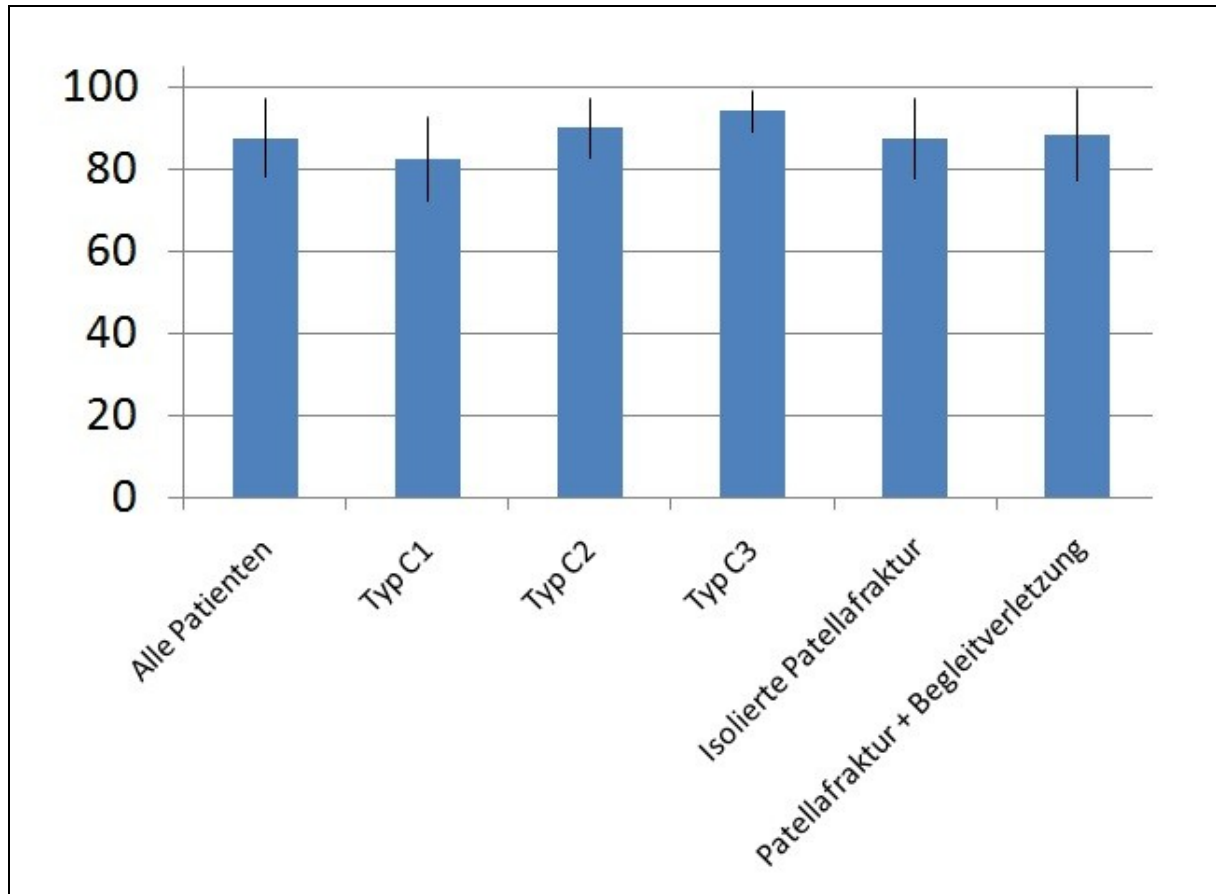


Abbildung 22: Punkte nach Iowa Knee Evaluation Score

4.10 Radiologische Ergebnisse

Alle Patienten weisen in den im Verlauf durchgeführten Röntgenuntersuchungen eine vollständige Heilung der Fraktur auf. Die durchschnittliche Dauer bis zur knöchernen Konsolidierung betrug 3,2 Monate, bei einer Spanne von 3 – 7 Monaten. Eine Entfernung des Osteosynthesematerials aufgrund von Gewebeerirritationen wünschten vier Patienten. Diese wurde nach 11 – 24 Monaten (Durchschnitt $18,75 \pm 6,39$ Monate) durchgeführt. Die vollständige Entfernung konnte ohne Vorliegen neuer knöcherner Läsionen in den postoperativen Röntgenaufnahmen dokumentiert werden.

4.11 Funktionelle Ergebnisse

Bei der klinischen Untersuchung des operierten Kniegelenkes ein Jahr postoperativ, zeigt sich bei nahezu allen Patienten eine gute bis sehr gute Beweglichkeit. Das durchschnittliche Bewegungsausmaß beträgt (ROM) $125,75^\circ \pm 19^\circ$ (Spanne: $80 - 145^\circ$). Erwähnenswert ist die Tatsache, dass eine Patientin eine Implantatlockerung aufwies, woraus ein Streckdefizit von 10° und eine ROM von lediglich 80° resultiert. Alle anderen Patienten erreichen eine Streckung von mindestens 0° im betroffenen Kniegelenk. In allen Fällen zeigt sich ein stabiler Kapsel-Bandapparat. Es fällt auf, dass die Patienten mit einer Punktzahl von 23 oder weniger im Böstman Score, bestenfalls eine ROM von 100° erreichen. Analysiert man die Werte nach dem Frakturtyp, so liegt die mittlere ROM in der Gruppe der Typ C1 Frakturen (hierzu zählt auch die Patientin mit oben erwähnter Materiallockerung) bei $118,5^\circ \pm 20,55^\circ$ (Spanne: $80 - 145^\circ$). In der Gruppe der Typ C2 Frakturen liegt die durchschnittliche ROM bei $130^\circ \pm 25,98^\circ$ (Spanne: $100^\circ - 145^\circ$). Bei den Patienten mit einer Typ C3 Fraktur liegt die ROM im Durchschnitt bei $134,28^\circ \pm 10,17^\circ$ (Spanne: $115 - 145^\circ$). Damit erreichen auch hier die Patienten mit einer Typ C3 Fraktur die besten Werte.

4.12 Subjektive Bewertung durch die Patienten

Neben den objektiv erhobenen Parametern wurden auch subjektive Bewertungen durch die Patienten abgegeben. Zum einen sollten die Patienten dem Gesamtergebnis eine Note nach dem in Deutschland bekannten Schulnotensystem von 1 (sehr gut) – 6 (ungenügend) geben, zum anderen wurden die aktuell empfundenen Schmerzen anhand der visuellen Analogskala (VAS) abgefragt.

Es wird eine durchschnittliche Schulnote von $1,7 \pm 0,65$ erreicht. Die Note sehr gut wurde insgesamt acht Mal vergeben, die Note gut insgesamt zehn Mal. Befriedigend stufen das Ergebnis zwei Patienten ein, hier kam es in einem Fall zu einer Wundheilungsstörung und daher zur vorzeitigen Materialentfernung, im anderen Fall war der postoperative Tegner Aktivitätsscore im Vergleich zum postoperativen Wert um 2 Punkte reduziert.

Bezüglich der 1 Jahr postoperativ bestehenden Schmerzen am betroffenen Knie zeigt sich ein äußerst positives Ergebnis. Die Patienten wurden gebeten diese anhand der VAS (visuellen Analogskala) anzugeben. Denkbar waren Werte von 0 (keine Schmerzen) bis hin zu maximal 10 (stärkste vorstellbare Schmerzen). In lediglich 3 Fällen bestehen überhaupt Schmerzen oder anders formuliert 85% sind vollständig schmerzfrei. Der durchschnittliche Wert liegt bei $0,7 \pm 1,71$ Punkten. Einmal wurde der Wert 4 erreicht, in 2 Fällen wurde der Schmerz mit 5 angegeben. Beide Patienten mit der Punktzahl von 5 erreichten auch im Turba Score die schlechtesten Ergebnisse.

4.13 Komplikationen

Wohl wissend um die relativ hohe Komplikationsrate nach operativer Versorgung von Patellafrakturen, lag hierauf ein besonderes Augenmerk. Es wurde zwischen „Minor-“ und „Major-„ Komplikationen unterschieden. Als Minorkomplikation definierten wir alle Implantat betreffenden Komplikationen (z.B. Lockerung oder Bruch des Implantats), welche ohne oder mit einer Frakturdehiszenz beziehungsweise Gelenkstufe ≤ 2 mm auftraten. Zu den Majorkomplikationen zählten alle aufgetretenen Infektionen, Wundheilungsstörungen und Frakturdehiszenzen respektive Gelenkstufen > 2 mm. In dieser Studie traten in lediglich 2 von 20 Fällen (10%) überhaupt Komplikationen auf. Beide lassen sich der Gruppe der Majorkomplikationen zuordnen. Im ersten Fall kam es postoperativ zu einer Wundheilungsstörung ohne Nachweis einer Infektion. Die Patientin wies bereits im Vorfeld aufgrund einer hochgradigen Durchblutungsstörung beider Beine ein erhöhtes Risiko diesbezüglich auf. Es wurde eine vorzeitige Materialentfernung vorgenommen, anschließend heilten sowohl die Fraktur als auch die Wunde folgenlos aus. In einem weiteren Fall trat eine Materiallockerung mit resultierender Dehiszenz > 2 mm auf. Die Patientin lehnte eine erneute operative Versorgung ab. Die Fraktur konsolidierte im Verlauf vollständig. Minorkomplikationen traten wie schon erwähnt nicht auf.

5 Diskussion

Obwohl die Osteosynthese der Patellafraktur bereits sehr lange praktiziert wird, ist sie immer noch komplikationsträchtig. Es existiert eine Vielzahl von Studien zu diesem Thema. Nahezu alle Studien beschreiben eine relativ hohe Komplikations- aber auch Revisionsrate. Heusinkveld et al. verglichen diesbezüglich Studien mit unterschiedlichen Operationsverfahren bei Patellaquerfrakturen sowohl mit als auch ohne Metallkomponente.^[42] Einige der Studien beschrieben bei der Verwendung von Zuggurtungen oder der modifizierten Zuggurtungsosteosynthese in 25-42% der Fälle nicht zufriedenstellende Ergebnisse, persistierende Schmerzen und Gewebeerirritationen.^[13,25,117] Auch Dy et al. verglichen in ihrer Metaanalyse eine Serie von Studien mit insgesamt 737 Patienten zu verschiedenen Operationsverfahren im Rahmen der Patellafrakturversorgung.^[40] Reoperationen waren in dieser Metaanalyse in 33,6% aller Fälle notwendig.

Aktuell ist die modifizierte anteriore Zuggurtungsosteosynthese das weltweit am häufigsten eingesetzte Verfahren zur operativen Behandlung von Kniescheibenbrüchen.^[10,15] Die Kombination aus kanülierten Schrauben und einer Zuggurtung ist in biomechanischen Studien im Vergleich zur klassischen modifizierten Zuggurtungsosteosynthese um den Faktor 1,6 biomechanisch deutlich stabiler und weist eine geringere Dislokationsrate auf.^[157] In einer Vergleichsstudie zwischen der modifizierten anterioren Zuggurtung (30% Komplikationen) und der kombinierten kanülierten Schrauben- und Zuggurtungsosteosynthese (0% Komplikationen) konnte ein signifikanter Nachteil zu Lasten der modifizierten anterioren Zuggurtungsosteosynthese aufgezeigt werden.^[143] Allerdings wurden in dieser Studie Trümmerfrakturen ausgeschlossen. Einen ähnlich signifikanten Unterschied beschreiben Mao et al. im Vergleich dieser beiden Operationsverfahren. Hier lag die Komplikationsrate bei der modifizierten anterioren Zuggurtung bei 32,5% gegenüber 5% bei der kombinierten kanülierten Schrauben und Zuggurtungsosteosynthese, welche allerdings minimal invasiv durchgeführt wurde.^[95] Komplikationsfrei blieb auch die mit 15 Patienten relativ kleine Studie von Qi et al., wo ebenfalls eine kombinierte kanülierte Schrauben und Zuggurtungsosteosynthese mit bioabsorbierbarem Material durchgeführt wurde.^[117] Ob diese Methode auch bei reduzierter Knochenqualität oder mehrfragmentären Patellafrakturen erfolgreich sein kann, muss allerdings erst noch belegt werden.

Ein weiterer relevanter Aspekt ist das häufige Auftreten postoperativer Frakturdehiszenzen oder Gelenkstufen. Wild et al. beschrieben in einer Studie zur Versorgung von Patellafrakturen mit Zuggurtungsosteosynthese in 62% aller Fälle sekundäre Frakturdehiszenzen, hier wiesen sogar 26% der Patienten Frakturdehiszenzen über 2 Millimeter auf, die von den Autoren als Majorkomplikation interpretiert wurden. Im postoperativen Verlauf traten bei 54% der Patienten Gelenkstufen auf, bei immerhin 14% waren diese > 2 Millimeter.^[158] Dabei ist gerade die posttraumatische femoro-patellare Arthrose nach Patellafraktur ein wesentliches Problem.^[23,36,42,112] Marsh et al. fanden heraus, dass selbst bei optimaler Rekonstruktion der retropatellaren Gelenkfläche vermehrt posttraumatische Arthrosen auftreten.^[98] Sorensen eruierte eine Rate von 70% femoro-patellarer Arthrosen nach Brüchen der Kniescheibe, sie traten somit doppelt so häufig auf als auf der nicht betroffenen Seite (31%).^[135] Lazaro et al. führen dies neben der Verletzung des Knorpels auf eine aus Misalignment resultierende permanente Erhöhung der dort einwirkenden Kräfte zurück.^[85] Ziel der Osteosynthese sollte daher ein möglichst stufenfreies und anatomiegerechtes Ergebnis sein, um gute Resultate erzielen zu können.^[15,89]

Wesentliche Probleme bei der Osteosynthese von Patellafrakturen sind einerseits die teils schwierige Wiederherstellung und der postoperative Erhalt der rekonstruierten Gelenkfläche, wie auch das Verhindern von sekundären Frakturdislokationen. Nach der Versorgung sollte eine möglichst frühfunktionelle Behandlung angestrebt werden. Praktisch scheint dies in vielen Fällen mit den konventionellen Methoden schwer erreichbar. Der Grund dafür ist ebenso bekannt wie problematisch. Auf die Patella wirken im Alltag enorm hohe Kräfte. Bereits beim Gehen lastet das halbe Körpergewicht auf der patello-femorale Gelenkfläche. Beim Treppenlaufen steigt die Belastung um das 3,3-fache, beim Knien sogar um das 7,6-fache.^[119] Die anteriore Zuggurtungsosteosynthese wandelt die insbesondere bei Kniebeugung auftretenden Zugkräfte in Kompressionskräfte um und ist somit in der Lage hohen Kräften zu widerstehen. Bei Extension im Kniegelenk greift dieser Mechanismus jedoch nicht und es kommt zu einem klaffenden Frakturspalt.^[47,84] Auch können die Drähte durch die auftretenden Kräfte distrahiert werden und somit keinen ausreichenden Kontakt der Frakturenenden mehr gewährleisten oder andere Komplikationen verursachen.^[133,158]

Aufgrund des Wissens um die Schwächen der klassischen Osteosyntheseverfahren wurde die in dieser Studie eingesetzte polyaxiale winkelstabile Patellaplatte (Hersteller Königsee Implantate, Allendorf/Deutschland) zur operativen Versorgung von Kniescheibenbrüchen entwickelt. Unter Belastung zeigte sie im Rahmen der biomechanischen Testung von allen getesteten Osteosynthesen die geringste Verformung. Auch die Stabilität unter Zug (Versagenslast 2396 N) war mehr als doppelt so hoch als bei der kombinierten kanülierten Schrauben-Zuggurtungsosteosynthese und betrug etwa das vierfache der modifizierten anterioren Zuggurtungsosteosynthese.^[157]

Seit kurzem sind auch zwei von ventral auf die Patella aufzubringende winkelstabile Patellaplaten „Star- und ArrowPlate“ (Hersteller Fa. Arthrex, München/Deutschland) auf dem Markt verfügbar. Die Stabilität dieser Platten ist bei einer mittleren Versagenslast von 1052 N vergleichbar mit der kombinierten kanülierten Schrauben-Zuggurtungsosteosynthese.^[172] Diese können auch über einen queren Hautschnitt eingebracht werden.^[106] Dieser erleichtert die Versorgung der Bandstrukturen des Extensionsapparats bei vergleichbaren kosmetischen Ergebnissen.^[105,120] Ellwein et al.^[44] versorgten in ihrer Studie insgesamt 17 Patienten, dabei verwendeten sie 13 mal die StarPlate und viermal die ArrowPlate. Dabei beschreiben sie überwiegend gute bis sehr gute Ergebnisse. Der Tegner Aktivitätsscore lag 6 Monate postoperativ mit 3,5 Punkten um 0,3 Punkte über unserem Durchschnitt. Während der postoperative Wert in unserer Studie um lediglich 0,2 Punkte unter dem präoperativen Wert lag, wird ein Vergleich zum präoperativen Status von Ellwein et al. nicht aufgeführt. Der Lysholm Score lag im Vergleich mit unserem Patientenkollektiv mit durchschnittlich 92 Punkten um 2,5 Punkte höher. Die ROM war mit einem mittleren Wert von 138° um 13° besser als in unserer Studie. Die Komplikationsrate lag mit 11,7% leicht über dem Wert unserer Studie (10%). Erwähnenswert ist jedoch, dass die Patienten mit einem mittleren Alter von 58 Jahren durchschnittlich 6,5 Jahre jünger als die Patienten unserer Studie waren. Wesentliche Nachteile der von ventral aufgebrachten Platten sind die kürzeren Schrauben aufgrund der geringen Dicke der Patella, was eine entsprechend geringere intraossäre Verankerung mit sich bringt sowie die Lage der Platte direkt unter der kontusionierten Haut. Hierdurch besteht eventuell ein höheres Risiko für eine Wundheilungsstörung oder eine Wundinfektion, zudem ist das Knie auf der

Patella aufgrund der unmittelbaren subkutanen Lage der Platte sicherlich erschwert.

Bezüglich des Auftretens von postoperativen Komplikationen lag die Rate in unserer Studie bei insgesamt 10%, was zwei Fällen entsprach. Bei einer Patientin mit einer Mehrfragmentfraktur der Patella kam es aufgrund einer Implantatlockerung zu einer sekundären Dislokation. Eigentlich war die polyaxiale winkelstabile Platte zur Versorgung dieses Frakturtyps weder biomechanisch getestet noch zugelassen. Im Vergleich dazu beschreiben Smith et al. sowie Wild et al. eine Implantat bezogene Komplikationsrate bei der modifizierten anterioren Zuggurtungsosteosynthese zwischen 20% und 30%.^[133,158] Gosal et al. fanden eine Reoperationsrate aufgrund Draht bedingter Komplikationen von 38%.^[55] Bei einer zweiten Patientin, mit vorbekannter schwerer Durchblutungsstörung beider Beine (pAVK Stadium IIb nach Fontaine), trat in unserer Studie postoperativ eine Wundheilungsstörung auf. Nach vorzeitiger Entfernung des Implantats und Antibiotikagabe kam es zu einem folgenlosen Abheilen der Wunde und zur Konsolidierung der Fraktur. Letztendlich werteten wir diese Wundheilungsstörung ohne sicheren Keimnachweis dennoch als Infektion. Damit lag die Infektionsrate in unserer Studie bei 5%. In einer Auswertung von 18 Studien mit insgesamt 522 operativ versorgten Patellafrakturen fanden Dy et al. in ihrer Metaanalyse eine infektionsbezogene Komplikationsrate von 3,2%, wobei nicht alle Studien über diese Komplikation informierten.^[40] Es bleibt Spekulation, ob die geringgradig höhere Infektrate von 5% in unserer Studie auf die relativ niedrige Fallzahl zurückzuführen ist oder ob die allgemeine Infektionsrate eigentlich höher liegt, als von Dy et al. beschrieben. Wie auch immer, immerhin kam es in allen von uns versorgten Fällen zu einer vollständigen knöchernen Konsolidierung der Fraktur, während die in der Literatur beschriebene Pseudarthrose Rate bei 1,3% liegt.^[40] Eine weitere Besonderheit der polyaxialen winkelstabilen Patellaplatte ist die Schonung der die Patella umgebenden Weichteile (Retinacula, Quadrizepssehne und Patellarsehne), welche aus dem geringen Abstand zwischen Implantat und Patella resultiert.^[113]

Aus unserer Sicht ist davon auszugehen, dass die in unserer Studie verwendete polyaxiale winkelstabile Patellaplatte sowohl wegen der seitlichen Lage, als auch wegen der besonderen Schonung der Weichteile, die Blutversorgung der Patella weniger beeinträchtigt, als die Zuggurtungsosteosynthese und die von ventral

aufgebrachten winkelstabilen Implantate. Sowohl die StarPlate als auch die ArrowPlate der Firma Arthrex dürften die Durchblutung der Patella, welche in erster Linie durch ventrale inferiore Zuflüsse erfolgt, am meisten beeinflussen.

Zur Erfassung und Auswertung des postoperativen Ergebnisses nach Eingriffen am Kniegelenk existiert eine Vielzahl verschiedener Scores. Allerdings findet man bisher keinen validierten spezifischen Score für Patellafrakturen. Da nahezu jeder Autor seinen bevorzugten Score einsetzt und Patellafrakturen eine geringe Inzidenz aufweisen, was sich auch in der geringen Fallzahl der Studien über Patellafrakturen widerspiegelt, wird die Vergleichbarkeit der Studien über Patellafrakturen erheblich erschwert und eingeschränkt. Deswegen entschlossen wir uns dazu, mehrere in der Literatur gängige und weit verbreitete Knie Scores in die Bewertung einzubeziehen, um so eine bessere Vergleichbarkeit mit anderen Studien zu ermöglichen.

Validierte Scores bzw. Fragebögen dienen als solide Instrumente zur Erhebung von Beschwerden oder auch anderen Aspekten wie zum Beispiel der Aktivität oder der Lebensqualität. Darüberhinaus ermöglichen sie die Erfassung von beispielsweise Schmerzen oder Funktionseinschränkungen im Rahmen der Erkrankung oder Verletzung. Die Herausforderung besteht darin, für das jeweilige Patientenkollektiv die entsprechenden Fragebögen zu wählen. So müssen die Patienten geistig in der Lage sein die Fragebögen zu verstehen und gegebenenfalls selbstständig auszufüllen. Auf der anderen Seite steht die anschließende Auswertung, welche je nach Score von der einfachen Summierung bis hin zu diffizilen Berechnungen reicht. Der überwiegende Anteil der von uns eingesetzten Scores ist validiert. Briggs et al. führten eine Studie zur Validierung des modifizierten Score nach Lysholm und Gillquist bei Patienten mit einer Meniskusläsion durch.^[18] Auch andere Studien validieren den modifizierten Score nach Lysholm und Gillquist.^[19,79,99,115,129] Paxton et al. untersuchten die Reliabilität und Validität verschiedener Knie Scores, so auch des Aktivitätsscore nach Tegner und Lysholm.^[115] Dieser Score wurde durch weitere Studien ebenfalls validiert.^[18,19,109] Erst seit 2013 existiert eine von Sing et al. durchgeführte Studie zur Validierung des HSS Score.^[130] Für den deutschsprachigen Raum existiert seit 2009 eine Validation für den modifizierten Oxford Knee Score durch Naal et al.^[108] Der modifizierte Oxford Knee Score wurde aber auch durch eine Vielzahl anderer Studien validiert.^[27,31,39,140,173] Bezüglich des Knee Injury and

Osteoarthritis Outcome Score existieren neben der Studie von Groot et al. aus dem Jahr 2008 ebenfalls zahlreiche Studien zu dessen Validierung.^[34,121-123,174]

Sämtliche Patienten, die mit der polyaxialen winkelstabilen Patellaplatte operativ versorgt wurden, erzielten postoperativ in allen von uns erhobenen Scores ein gutes bis exzellentes Gesamtergebnis.

Levack et al, die in ihrer Studie mit insgesamt 14 Patienten einen eigenen Score verwendeten, fanden nach modifizierter anteriorer Zuggurtungsosteosynthese in der Hälfte der Fälle ein gutes Ergebnis, während die andere Hälfte ein mäßiges bis schlechtes Ergebnis zeigte.^[89]

Mao et. al behandelten 34 einfache Patellaquerfrakturen mit einem Cable Pin System in minimal invasiver Technik. Insgesamt wurden 31 Frakturen in die Studie eingeschlossen. Mit 29,1 Punkten im Böstman Score, lag der Durchschnitt um 1,7 Punkte über dem unserer Patientengruppe, die im Mittel 27,4 Punkte erreichte.^[96] Dieser Unterschied lässt sich einerseits möglicherweise auf die Tatsache zurückführen, dass von Mao et al. nur einfache Patellaquerfrakturen operativ behandelt wurden, wohingegen in unserer Studie auch Mehrfragmentfrakturen und T-förmige Frakturen operativ versorgt wurden. Andererseits lag das durchschnittliche Alter der von Mao et al. versorgten Patienten mit 35 Jahren immerhin 29,5 Jahre unter dem mittleren Alter unserer Patienten (64,5 Jahre).

In einer weiteren retrospektiven Studie untersuchten Tian et al. das klinische Ergebnis nach operativer Versorgung einer Patellafraktur bei insgesamt 101 Patienten.^[143] Hier wurden 49 Patienten mit kombinierter kanülierter Zugschrauben- und Titankabel Zuggurtungsosteosynthese versorgt, die anderen 52 Patienten erhielten eine modifizierte anteriore Zuggurtungsosteosynthese. Zur Bewertung wurde der Iowa Knee Evaluation Score verwendet. In der erstgenannten Gruppe fanden Tian et al. in 92% sehr gute und in 8% gute Ergebnisse. In der Gruppe mit anteriorer modifizierter Zuggurtungsosteosynthese lagen in 69% sehr gute, in 17% gute, in 8% befriedigende und in 6% schlechte Ergebnisse vor. Unsere Versorgung mittels winkelstabiler polyaxialer Patellaplatte zeigte im Iowa Knee Evaluation Score in 70% der Fälle ein sehr gutes, in 25% ein gutes und in 5% ein befriedigendes

Outcome. Verglichen mit Tian et al. ist unser Ergebnis besser als die anteriore modifizierte Zuggurtungsosteosynthese, jedoch schlechter als die kombinierte kanülierte Zugschrauben- und Titankabel Zuggurtungsosteosynthese. Aus unserer Sicht sollte bei der Interpretation bedacht werden, dass es sich bei der Studie von Tian et al. um eine retrospektive Studie handelt, die AO/OTA 34-C3 Frakturen ausschloss, wohingegen unser Studiendesign prospektiv war und die höhergradigen AO/OTA 34-C3 Frakturen mit einschloss. Somit wurden in der Studie von Tian et al. insgesamt leichtere Fälle als in unserer Studienpopulation operativ behandelt, was die besseren Ergebnisse erklärt.

In einer anderen Studie von Qi et al. wurden insgesamt 15 Patienten mit Patellaquer- und Mehrfragmentfrakturen mit einer Kombination aus bioabsorbierbaren kanülierten Zugschrauben und geflochtenem Polyesternahtmaterial operativ versorgt, wobei höhergradige Mehrfragmentfrakturen ausgeschlossen wurden.^[117] Das 1-Jahres Ergebnis zeigte keine Komplikationen. Die Patienten erreichten im Durchschnitt einen Lysholm Score von 95,7 Punkten. Der mittlere Wert des VAS Score stimmte mit 0,7 exakt mit unserem überein. Bezüglich des Lysholm Score erzielten die von uns mit polyaxialer winkelstabiler Plattenosteosynthese versorgten Patienten einen mittleren Wert von 89,5 Punkten, was 6,2 Punkte unter dem Ergebnis von Qi et al. liegt. Allerdings schloss unsere Studie höhergradige Mehrfragmentfrakturen mit ein und unsere Patientengruppe war mit einem Durchschnittsalter von 64,5 Jahren immerhin 18,3 Jahre älter als die von Qi et al.

Insgesamt 25 Patienten wurden bei Le Brun et al. im Rahmen einer Patellafraktur operativ behandelt. Hiervon erhielten 15 Patienten eine modifizierte anteriore Zuggurtungsosteosynthese, die anderen 10 Patienten eine kombinierte kanülierte Zugschrauben- und Zuggurtungsosteosynthese.^[86] Das postoperative Ergebnis wurde mit Hilfe des KOOS Score erfasst und bewertet. Die Gruppe mit modifizierter anteriorer Zuggurtungsosteosynthese erreichte in den Kategorien Schmerz 62%, Symptome 65%, Aktivitäten des täglichen Lebens (ADL) 67%, Sport 44% und Knie bezogene Lebensqualität (QOL) 44%. Die Gruppe mit kombinierter kanülierter Zugschrauben- und Zuggurtungsosteosynthese erzielte in den Kategorien Schmerz 79%, Symptome 72%, Aktivitäten des täglichen Lebens (ADL) 77%, Sport 55% und Knie bezogene Lebensqualität (QOL) 60%. Unser Ergebnis zeigte in jeder Kategorie

bessere Werte. So betragen die durchschnittlichen Werte unserer Patienten in den Kategorien Schmerz 86,7%, Symptome 94,4%, Aktivitäten des täglichen Lebens (ADL) 90,7%, Sport 60% und Knie bezogene Lebensqualität (QOL) 78,7%.

Mit 75% sehr guten, 20% guten und 5% schlechten Ergebnissen lagen wir nach Auswertung des Böstman Scores über dem Ergebnis von Böstman et al., welche insgesamt 14 Patienten nach modifizierter anteriorer Zuggurtungsosteosynthese bewerteten.^[14] Hier wurden im Durchschnitt 64% sehr gute, 22% gute und 14% befriedigende Ergebnisse erzielt.

Erstaunlicherweise wünschten in unserer Studie 4 Patienten eine Materialentfernung, obwohl keine Implantat-assoziierten Beschwerden vorlagen. Lediglich in einem Fall trat eine Wundheilungsstörung auf, welche wir ohne Nachweis eines Erregers trotzdem als Wundinfekt werteten. Hier war die Materialentfernung indiziert und führte in der Folge zu einem vollständigen Abheilen der Wunde. Die hohe Rate an Materialentfernungen findet sich bei vielen anderen Osteosyntheseverfahren wieder und lässt sich vermutlich auf die Tatsache zurückführen, dass die Kosten der Materialentfernung in Deutschland von der Krankenkasse getragen werden, auch wenn es keinen medizinischen Grund dafür gibt.

Im Vergleich zur modifizierten anterioren Zuggurtungsosteosynthese und der kombinierten kanülierten Zugschrauben- und Zuggurtungsosteosynthese sind die entstehenden Kosten bei Verwendung der polyaxialen winkelstabilen Patellaplatte höher. Allerdings zeigen Studien sowohl für die anteriore modifizierte Zuggurtungsosteosynthese als auch für die kombinierte kanülierte Zugschrauben- und Zuggurtungsosteosynthese relativ hohe Komplikationsraten und die Notwendigkeit einer häufigeren Materialentfernung. Dies liegt zum einen begründet in der hohen Rate an Implantat bezogenen Komplikationen und zum anderen in der ebenfalls hohen Rate an Implantat-assoziierten persistierenden Schmerzen. Diesbezüglich zeigte sich die polyaxiale winkelstabile Patellaplatte deutlich überlegen. Ob sich damit auch die Anzahl der notwendigen Implantatentfernungen verringern lässt, muss jedoch durch weitere Studien erst noch bestätigt werden.

Im Vergleich zu anderen Studien dauerte unsere durchschnittliche operative Versorgung mit 74 Minuten relativ lange. Mao et al. beschreiben bei offener Reposition und Osteosynthese mit Cable Pin System eine mittlere Operationsdauer von 48 Minuten, in der Vergleichsgruppe mit minimalinvasiver Technik von 54 Minuten.^[95] Es muss jedoch bezüglich unserer Operationsdauer erwähnt werden, dass wir im Rahmen unserer Operationen einen Patienten zusätzlich mit einem kortikospongiösem Knochenspan aus dem Beckenkamm bei Knochendefekt nach vorderem Kreuzband Ersatz in Bone-Tendon-Bone Technik versorgen mussten. In einem weiteren Fall wurde eine Patientin mit Patellafraktur beidseits versorgt. Diese beiden Ausreißer erhöhten die durchschnittliche Operationszeit in unserer Studie erheblich. Zudem wurden die Operationen nicht nur von einem, sondern von mehreren Operateuren der Abteilung durchgeführt. Es ist davon auszugehen, dass sich die Operationszeit im Rahmen der steigenden Lernkurve reduzieren wird.

Während in den meisten Studien postoperativ eine Limitierung der Flexion, unterstützt durch eine Orthese und die Teilbelastung des betroffenen Beines an Unterarmgehstützen notwendig war, erfolgte die operative Nachbehandlung in unserer Studie (mit Ausnahme von Trümmerfrakturen) in der Regel ohne Schiene oder Orthese. Qi et al.^[117] beschrieben nach kombinierter kanülierter Zugschrauben- und Zuggurtungsosteosynthese mit bioabsorbierbaren Schrauben, eine Teilbelastung an Unterarmgehstützen für vier Wochen bei anliegender Bewegungsorthese. Yang et al.^[175] versorgten 21 ihrer Patienten mittels Titankabelcerclage. Hier erfolgte ab dem dritten postoperativen Tag eine Teil- oder Vollbelastung. Tian et al.^[143] versorgten 49 Patienten mit einer Patellafraktur mit einer kombinierten kanülierten Zugschrauben- und Zuggurtungsosteosynthese, wobei sie Titankabel verwendeten. Weitere 52 Patienten mit einer Patellafraktur wurden mit der modifizierten Zuggurtungsosteosynthese operativ behandelt. Alle Patienten durften das betroffene Kniegelenk nach 7 Tagen aktiv beüben. Erst einen Monat später war die Teilbelastung und 8 Wochen nach operativer Versorgung die Vollbelastung der betroffenen Extremität erlaubt. In unserer Studie durften alle Patienten mit einer einfachen Querfraktur der Patella oder einer T-förmigen 3-Fragment Fraktur unmittelbar postoperativ vollbelasten, sofern jedes Fragment sicher von einer Schraube gefasst war. Lediglich Treppen steigen war wegen der hohen auf die Patella einwirkenden Kräfte nicht erlaubt. Wie bei den anderen Studien erfolgten

postoperativ eine krankengymnastische Beübung und Mobilisation, jedoch ohne Limitierung der Extension oder Flexion.

Da die polyaxiale winkelstabile Patellaplatte lediglich für einfache Querfrakturen und T-förmige Frakturen biomechanisch getestet wurde und die Frakturfragmente eine entsprechende Größe besitzen müssen um eine Schraube platzieren zu können, sehen wir bei diesen Frakturtypen aktuell die beste Indikation für die Versorgung mit dieser winkelstabilen Patellaplatte. Diese Frakturtypen machen etwa 50 – 60% aller Patellafrakturen aus.^[15] Biomechanisch zeigte sich die von uns eingesetzte Patellaplatte gegenüber der modifizierten anterioren Zuggurtungsosteosynthese und gegenüber der kombinierten kanülierten Zugschrauben- und Zuggurtungsosteosynthese signifikant und deutlich überlegen.^[157] Auch wenn die Gruppe mit Typ C3 Frakturen in unserer Studie sehr gut abschnitt, muss doch berücksichtigt werden, dass es sich hier lediglich um eine geringe Anzahl an Patienten handelte. Die Ergebnisse sind insbesondere in dieser Gruppe in weiteren Studien kritisch zu prüfen, um gegebenenfalls die Indikation des Implantats ausweiten zu können. Dennoch scheint auch die Versorgung von Mehrfragmentfrakturen gut zu funktionieren, sofern es sich nicht um hochgradige Mehrfragmentfrakturen handelt und die Fragmente eine ausreichende Größe aufweisen, um mindestens von einer Schraube sicher gefasst zu werden. Avulsionsfrakturen oder höhergradige Mehrfragment- beziehungsweise Trümmerfrakturen stellen aus unserer derzeitigen Sicht eine Kontraindikation für den Einsatz der polyaxialen winkelstabilen Plattenosteosynthese dar.

Aufgrund der geringen Inzidenz von Patellafrakturen beinhalten aktuelle Studien, die neue Operationsmethoden mit einem prospektivem Studiendesign untersuchen, meist nur wenige Patienten.^[86,117,171] Lediglich retrospektive Studien, die sich über einen längeren Zeitraum erstrecken und verschiedene Operationsmethoden berücksichtigen beinhalten größere Patientenzahlen. Der statistische Vorteil der höheren Patientenzahl wird aber durch den Nachteil des retrospektiven Studiendesigns oft aufgehoben.

Die geringe Anzahl der in dieser Studie behandelten Patienten ist sicherlich eine Einschränkung, welche bei der Bewertung der Ergebnisse in Betracht gezogen

werden muss. Eine weitere Einschränkung dieser Studie ist der - wegen der geringen Inzidenz - bewusste Verzicht auf eine Kontrollgruppe, welche die Vergleichbarkeit mit anderen Operationsmethoden erschwert. Jedoch sollte dieser Nachteil durch die in dieser Studie gewählten Bewertungsscores, welche eine gute Vergleichbarkeit mit anderen Studien ermöglichen, ausgeglichen werden.

5.1 Schlussfolgerung

In dieser Studie haben wir herausgefunden, dass die operative Behandlung von Patellafrakturen mit winkelstabiler polyaxialer Patellaplatte ein sicheres, effektives und im Vergleich zu anderen Methoden komplikationsarmes Verfahren zu sein scheint. Die Rate an postoperativen Implantat abhängigen Schmerzen ließ sich wie auch die Pseudarthroserate im Vergleich zu anderen Studien drastisch reduzieren. Auch konnten die Patienten aufgrund der hohen Primärstabilität postoperativ deutlich aktiver nachbehandelt werden, eine postoperative Ruhigstellung des Kniegelenkes war nicht erforderlich. Bei entsprechender Indikationsstellung stellt diese Art der Versorgung aus unserer Sicht eine gute Behandlungsalternative dar. Dennoch sollte bei höhergradigen Mehrfragmentfrakturen der Einsatz der Patellaplatte kritisch geprüft werden, um die Möglichkeiten des Verfahrens nicht zu überschreiten.

Für zukünftige Studien empfehlen wir, eine größere Anzahl von Patienten prospektiv zu untersuchen und eine Vergleichsgruppe, welche mit anderen gängigen Operationsverfahren zur Versorgung von Patellafrakturen, wie der modifizierten Zuggurtungsosteosynthese und der kanülierten Schraubenosteosynthese mit Zuggurtung versorgt wurden in die Auswertung einzubeziehen, um eine verlässlichere Aussage über Komplikationsrate und klinische Ergebnisse zu erhalten. Auch wäre der Vergleich der hier verwendeten und am Patellarand anliegenden winkelstabilen Platte mit der konkurrierenden winkelstabilen und ventral anliegenden Patellaplatte hochinteressant. Weiterhin sollte in einer Langzeitbeobachtung das längerfristige Ergebnis untersucht werden.

6 Literaturverzeichnis

1. Albee FH (1928) Bone graft for fracture of the patella. *Internat Clinics* 2:224
2. Amis AA (2007) Current concepts on anatomy and biomechanics of patellar stability. *Sports Med Arthrosc* 15(2):48-56
3. Amis AA, Firer P, Mountney J et al (2003) Anatomy and biomechanics of the medial patellofemoral ligament. *Knee* 10(3):215-220
4. Anderson C, Odensten M, Good L, Gillquist J (1989) Surgical or non-surgical treatment of acute rupture of the anterior cruciate ligament. A randomized study with long-term follow-up. *J Bone Joint Surg Am* 71:965-974
5. Anderson R (1935) Ambulatory method of treating fractures of the patella. *Ann Surg* 101:1082
6. AWMF (2014) S1 Leitlinie Patellafraktur. http://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/012-017l_Patellafraktur_2014-06.pdf, am 30.07.2016
7. Bellamy N, Buchanan WW, Goldsmith CH, Campbell J, Stitt LW (1988) Validation study of WOMAC: A health status instrument for measuring clinically important patient relevant outcomes to antirheumatic drug therapy in patients with osteoarthritis of the hip or knee. *J Rheumatol* 15:1833-1840
8. Benjamin J, Bried J, Dohm M et al (1987) Biomechanical evaluation of various forms of fixation of transverse patellar fractures. *J Orthop Trauma* 1:219-222
9. Benli IT, Akalin S et al (1992) The computed tomographic evaluation of patellofemoral joint in patella fractures treated with open reduction and internal fixation. *Kobe J Med Sci* 38:233-243
10. Berg EE (1997) Open reduction internal fixation of displaced transverse patella fractures with figure-eight wiring through parallel cannulated compression screws. *J Orthop Trauma* 11:573-576
11. Bjorkstrom S, Goldie IF (1980) A study of the patella in the normal state, in chondromalacia patellae and in osteoarthrosis. *Acta Orthop Scand* 51:63-70
12. Blodgett WE, Fairchild RD (1936) Fractures of the Patella; results of total and partial excisions of the patella for acute fracture. *JAMA* 106:121
13. Böstman O, Kiviluoto O, Nirhamo J (1981) Comminuted fractures of the patella. *Injury* 13:196-202
14. Böstman O, Kiviluoto O, Santavirta S, Nirhamo J, Wilpoula E (1983) Fractures of the patella treated by operation. *Arch Orthop Trauma Surg* 102:78-81

15. Bostrom A (1972) Fracture of the Patella. A study of 422 patellar fractures. *Acta Orthop Scand (Suppl)* 143:1-80
16. Bostrom MP, Asnis SE, Arnberg JJ et al (1994) Fatigue testing of cerclage stainless steel wire fixation. *J Orthop Trauma* 8:422-428
17. Braun W, Wiedemann M, Ruter A et al (1993) Indications and results of nonoperative treatments of patella fractures. *Clin Orthop Relat Res* 289:197-201
18. Briggs KK, Kocher MS, Rodkey WG, Steadman JR (2006) Reliability, validity, and responsiveness of the Lysholm knee score and Tegner activity scale for patients with meniscal injury of the knee. *J Bone Joint Surg Am* 88:698-705
19. Briggs KK, Lysholm J, Tegner Y, Rodkey WG, Kocher MS, Steadman JR (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. *AM J Sports Med* 37:890-897
20. Brooke R (1937) The treatment of fractured patella by excision. A study of morphology and function. *Br J Surg* 24:733-747
21. Brooke R (1946) Fractured patella: An analysis of 54 cases treated by excision. *Br Med J* 1:231-233
22. Bruce J, Walmsley R (1942) Excision of the patella. Some experimental and anatomical observations. *J Bone Joint Surg* 24:311-325
23. Buckwalter JA, Brown TD (2004) Joint injury, repair and remodeling: Roles in posttraumatic osteoarthritis. *Clin Orthop Relat Res* 423:7-16
24. Burvant JG, Thomas KA, Alexander R, Harris MB (1994) Evaluation and methods of internal fixation of transverse patella fractures: a biomechanical study. *J Orthop Trauma* 8:147-153
25. Carpenter JE, Kasman TA, Patel N et al (1997) Biomechanical evaluation of current patella fracture fixation techniques. *J Orthop Trauma* 11:351-356
26. Catalano JB, Iannaccone WM, Marczyk S, Dalsey RM, Deutsch LS, Born CT, DeLong WG (1995) Open fractures of the patella: Long-term functional outcome. *J Trauma* 39:439-444
27. Charoencholvanich K, Pongcharoen B (2005) Oxford knee score and SF-36: translation & reliability for use with total knee arthroscopy patients in Thailand. *J Med Assoc Thai* 88:1194-1202

28. Christen B, Jakob RP (1992) Fractures associated with patellar ligament grafts in cruciate ligament surgery. *J Bone Joint Surg [Br]* 74:617-619
29. Cohn BNE (1944) Total and partial patellectomy. An experimental study. *Surg Gynec Obstet.* 79:526-536
30. Collin & Cie Successeurs (1935) Catalogue: Instruments de Chirurgie. Collin & Cie Successeurs, Paris, p396
31. Conaghan PG, Emerton M, Tennant A (2007) Internal construct validity of the Oxford Knee Scale: evidence from Rasch measurement. *Arthritis Rheum* 57:1363-1367
32. Curtis MJ (1990) Internal fixation for fractures of the patella. A comparison of two methods. *J Bone Joint Surg Brit* 72:280-282
33. Dawson J, Fitzpatrick R, Murray D, Carr A (1998) Questionnaire on the perceptions of patients about total knee replacement surgery. *J Bone Joint Surg* 80-B:63-69
34. De Groot IB, Favejee MM, Reijman M, Verhaar JA, Terwee CB (2008) The Dutch version of the Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score: a validation study. *Health Qual Life Outcomes* 6:16
35. Depalma AF, Flynn JJ (1958) Joint changes following experimental partial and total patellectomy. *J Bone Joint Surg Am* 40-A:395-413
36. Dirschl DR, Marsh JL, Buckwalter JA, Gelberman R, Olson SA, Brown TD, Llinias A (2004) Articular fractures. *J AM Acad Orthop Surg* 12:416-423
37. Dobbie RP, Ryerson S (1942) The treatment of fractured patella by excision. *Surg Gynec Obstet* 80:389
38. Dopirak RM, Steensen RN, Maurus PB (2008) The medial patellofemoral ligament. *Orthopedics* 31(4):331-338
39. Dunbar M, Robertson O, Ryd L, Lidgren L (2000) Translation and validation of the Oxford 12-item knee score for use in Sweden. *Acta Orthop Scand* 71:268-274
40. Dy CJ, Little MT, Berkes MB, Ma Y, Roberts TR, Helfert DL et al. (2012) Meta-analysis of reoperation, non-union and infection after open reduction and internal fixation of patella. *J Trauma Acute Care Surg* 73:928-932
41. Eckstein F, Müller-Gerbl M, Putz R (1992) Distribution of subchondral bone density and cartilage thickness in the human patella. *J Anat* 180:425-133

42. Edwards B, Johnell O, Redlund-Johnell I (1989) Patellar fractures. A 30-year follow-up. *Acta Orthop Scand* 60:712-714
43. Egol KA, Kubiak EN, Fukerson E, Kummer FJ, Koval KJ (2004) Biomechanics of locked plates and screws. *J Orthop Trauma* 18:488-493
44. Ellwein A, Lill H, Jensen G, Kattenhagen JC (2016) Die Plattenosteosynthese der Patellafraktur – Technik und erste Ergebnisse einer prospektiven Studie. *Unfallchirurg* DOI 10.1007/s00113-016-0213-1
45. Fairbank HAT (1945) Excision of the patella. *Br Med J* II:62-63
46. Faller A, Schünke G, Schünke M (2004) *Der Körper des Menschen*, S. 187 ff, 14. Aktualisierte u. erweiterte Auflage, Georg Thieme Verlag, Stuttgart
47. Fortis AP, Milis Z, Kostopoulos V, Tsantzalis S, Kormas P, Tzinieris N et al. (2002) Experimental investigation of the tension band in fractures of the patella. *Injury* 33:489-493
48. Fowler GR (1887) I. Wire suturing of fracture of the Patella as an immediate method of treatment. *Ann Surg* 5:518-523
49. Fowler GR (1895) I. A new operative method in the treatment of fracture of the Patella. *Ann Surg* 21:621-630
50. Fracture and dislocation compendium. Orthopaedic Trauma Association Committee for Coding and Classification. *J Orthop Trauma* 1996;10 Suppl 1:V-IX, 1-154
51. Fuchs S, Friedrich M (2000) Possible influence of knee scores. *Unfallchirurg* 103:44-50
52. Galla M, Lobenhoffer P (2005) Frakturen der Patella. *Chirurg* 76:987-997
53. Gallie WE, LeMesurier AB (1927) The late repair of fractures of the patella and of rupture of the ligamentum patellae and quadriceps tendon. *J Bone Joint Surg* 9:47
54. Garr EL, Moskowitz RW, Davis W (1973) Degenerative changes following experimental patellectomy in the rabbit. *Clin Orthop Relat Res* 92:296-304
55. Gosal HS, Singh P, Field RE (2001) Clinical experience of patellar fracture fixation using metal wire or non-absorbable polyester – a study of 37 cases. *Injury* 32:129-135
56. Griswold AS (1954) Fractures of the patella. *Clin Orthop* 4:44-56

57. Hammerle CP, Jacob RP (1980) Chondral and osteochondral fractures after luxation of the patella and their treatment. *Arch Orthop Trauma Surg* 97:207–211
58. Hansmann C (1886) Eine neue Methode der Fixierung der Fragmente bei komplizierten Frakturen. *Verh Dtsch Ges Chir* 15:134
59. Hauf W, Mittlmeier T, Hagena FW, Plitz W (1992) Method for in vivo measurements of intraosseous pressure of the patella. *Biomed Tech (Berl)* 37(11):263-272
60. Haxton HA (1945) The function of the patella and effects of its excision. *Surg Gynec Obstet* 80:389-395
61. Hefti F, Müller W (1993) Current state of evaluation of knee ligament lesions. The new IKDC knee evaluation form. *Orthopädie* 22:351-362
62. Hehne HJ, (1982) *Das Patellofemoralgelenk*. Enke Verlag
63. Heineck AP (1909) The modern operative treatment of fractures of the patella. *Surg Gynec Obstet* 9:177
64. Heusinkveld MHG, Hamer A, Traa WA, Oomen PJA, Maffulli N (2013) Treatment of transverse patellar fractures: A comparison between metallic and non-metallic implants. *British Medical Bulletin* 107:69-85
65. Hung LK, Chan KM, Chow YN, Leung PC (1985) Fractured patella: Operative treatment using the tension band principle. *Injury* 16:343-347
66. Hungerford DS, Barry M (1979) Biomechanics of the patellofemoral joint. *Clin Orthop Relat Res* 9-15
67. Hutchison JA (1904) XI. The treatment of fracture of the patella: With report of results after arthrotomy and suture. *Ann Surg* 40:571-583
68. Irrgang JJ, Ho H, Harner CD, Fu FH (1998) Use of the International Knee Documentation Committee guidelines to assess outcome following anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 6:107-114
69. Jensenius H (1951) On the result of excision of the fractured patella. *Acta Chir Scand* 102:274-284
70. John J, Wagner WW, Kuiper JH (2007) Tension-band wiring of transverse fractures of patella. The effect of site of wire twists and orientation of stainless steel wire loop: a biomechanical investigation. *Int Orthop* 31:703-707

71. Kahle W (1986) Taschenatlas der Anatomie Band 1. Bewegungsapparat, Thieme Stuttgart/New York
72. Katchburian MV, Bull AM, Shih YF et al (2003) Measurement of patellar tracking: assessment and analysis of the literature. Clin Orthop Relat Res 412:241-259
73. Kaufer H (1979) Patellar biomechanics. Clin Orthop 144:51-54
74. Kaufer H. (1971) Mechanical function of the patella. J Bone Joint Surg Am 53:1551-1560
75. Kayler DE, Lyttle MB (1988) Surgical interruption of patellar blood supply by total knee arthroplasty. Clin Orthop 229:221-227
76. Kelly MA, Insall JN (1986) Patellectomy. Orthop Clin North Am 17:289-295
77. Kessler S, Lang S, Puhl W, Stöve J (2003) Der Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score – ein Funktionsfragebogen zur Outcome-Messung in der Knieendoprothetik. Z Orthop 141:277-282
78. Klute I, Meenen N (1998) Die Fraktur der Kniescheibe. Hefte Unfallchir 269:1-152
79. Kocher MS, Steadman JR, Briggs KK, Sterett WI, Hawkins RJ (2004) Reliability, validity, and responsiveness of the Lysholm knee scale for various chondral disorders of the knee. J Bone Joint Surg Am 86-A:1139-1145
80. Koval KJ, Kim YH (1997) Patella fractures. Evaluation and treatment. Am J Knee Surg 10:101-108
81. Krämer J (1996) Orthopädie, Springer Verlag Heidelberg/Berlin
82. Kuroda R, Kambic H, Valdevit A, Andrish JT (2001) Articular cartilage contact pressure after tibial tuberosity transfer. A cadaveric study. Am J Sports Med 29(4):403-409
83. Labitzke R (1997) Zuggurtungen – Richtiges und Falsches am Beispiel der Patellafraktur. Chirurg 68:638-642
84. Labitzke R (1997) Zuggurtungen – Richtiges und Falsches am Beispiel der Patellafraktur. Chirurg 68:638-642
85. Lazaro LE, Wellmann DS, Sauro G, Pardee NC, Berkes MB, Little MT, Nguyen JT, Helfet DL, Lorich DG (2013) Outcomes after operative fixation of complete articular patellar fractures: Assessment of functional impairment. J Bone Joint Surg 95:e96(1-8)

86. Le Brun CT, Langford JR, Sagi HC (2012) Functional outcomes after operatively treated patella fractures. *J Orthop Trauma* 26(7):422-426
87. Leavitt PH (1930) Fascial strips in patella fractures. *New England J Med* 203:728
88. Lennox IA, Knowles J, Bentley G (1994) Knee function after patellectomy. A 12-to 48-year follow-up. *J Bone Joint Surg [Br]* 76(3):485-487
89. Levack B, Flannagan JP, Hobbs S (1985) Results of surgical treatment of patellar fractures. *J Bone Joint Surg Brit* 67:416-419
90. Lippert H, (2003] *Lehrbuch Anatomie* S. 787 ff., 6. Auflage, Urban & Fischer Verlag München
91. Loomis L (1944) Internal fixation of fractures of the Patella with cotton suture material. *Surgery* 15:602
92. Lotke PA, Ecker ML (1981) Transverse fractures of the patella. *Clin Orthop Relat Res* 158:180-184
93. Ludloff K (1925) Die Verkleinerung der Patella als funktionsverbessernde Maßnahme bei bestimmten Knieaffektionen. *Zentralbl Chir* 52:786
94. Malgaigne JF (1850) *Die Knochenbrüche und Verrenkungen*. Enke, Stuttgart S. 311
95. Mao N, Liu D, Ni H, Tang H, Zhang Q (2013) Comparison of the cable pin system with conventional open surgery for transverse patella fractures. *Clin Orthop Relat Res* 471:2361-2366
96. Mao N, Ni H, Ding W, Zhu X, Bai Y, Wang C, et al. (2012) Surgical treatment of transverse patella fractures by the cable pin system with a minimal invasive technique. *J Trauma Acute Care Surg* 72(4):1056-61
97. Maquet PGJ (1976) *Biomechanics of the knee with application to the pathogenesis and surgical treatment of osteoarthritis*. Springer, Berlin Heidelberg New York
98. Marsh JL, Buckwalter JA, Gelberman R, Dirschl D, Olson S, Brown T, Llinias A (2002) Articular fractures: Does anatomic reduction really change the result? *J Bone Joint Surg AM* 84:1259-1271
99. Marx RG, Jones EC, Allen AA, Altcheck DW, O'Brien SJ, Rodeo SA, et al. (2001) Reliability, validity and responsiveness of four knee outcome scales for athletic patients. *J Bone Surg AM* 83-A:1459-1469

100. Marx RG, Stump TJ, Jones EC, Wickiewicz TL, Warren RF (2001) Development and evaluation of an activity rating scale for disorders of the knee. *Am J Sports Med* 29:213-218
101. Melvin JS, Mehta S (2011) Patellar fractures in adults. *J Am Acad Orthop Surg* 19:198-207
102. Merchant TC, Dietz FR (1989) Long-term follow-up after fractures of the tibial and fibular shafts. *J Bone Joint Surg Am* 71:599-606
103. Michele AA, Krueger FJ (1948) Patella fractures; a method of wiring. *Surgery* 24:100-102
104. Mishra US (1972) Late results of patellectomy in fractured patella. *Acta Orthop Scand* 43:256-263
105. Müller ME, Allgöwer M, Schneider R et al (1990) *Manual of internal fixation: techniques recommended by the AO-ASIF*. Springer, Berlin Heidelberg New York
106. Müller-Mai CM, Mielke E (2010) Patella. In: Müller-Mai C, Ekkernkamp A (Hrsg) *Frakturen: Klassifikation und Behandlungsalgorithmen*. Springer, Berlin Heidelberg New York, S. 403-415
107. Murray DW, Fitzpatrick R, Rogers K, Pandit H, Beard DJ, Carr AJ, Dawson J (2007) The use of the Oxford Hip and Knee Scores. *J Bone Joint Surg Br* 89-B:1010-1014
108. Naal F, Impellizzeri F, Sieverding M, Loibl M, Von Knoch F, Mannion A, et al. (2009) The 12-item Oxford Knee Score: cross-cultural adaptation into German and assessment of its psychometric properties in patients with osteoarthritis of the knee. *Osteoarthritis Cartilage* 17:49-52
109. Naal FD, Impellizzeri FM, Leunig M (2009) Which is the best activity rating scale for patients undergoing total joint arthroplasty? *Clin Orthop Relat Res* 467:958-965
110. Nha KW, Papannagari R, Gill TJ et al (2008) In vivo patellar tracking: clinical motions and patellofemoral indices. *J Orthop Res* 26(8):1067-1074
111. Ober FR (1932) Fracture of the patella; new operation. *J Bone Joint Surg* 14:640
112. Olson SA, Guilak F (2006) From articular fracture to posttraumatic arthritis: A black box that needs to be opened. *J Orthop Trauma* 20:661-662
113. OP-Anleitung „Variabel winkelstabile Patella-Platte“ Fa. Königsee

114. Ortiguera CJ, Berry DJ (2002) Patellar fracture after total knee arthroplasty. *J Bone Joint Surg [Am]* 84A:532-540
115. Paxton EW, Fithian DC, Stone ML, Silva P (2003) The reliability and validity of knee-specific and general health instruments in assessing acute patellar dislocation outcomes. *AM J Sports Med* 31:487-492
116. Peeples RE, Margo MK (1978) Function after patellectomy. *Clin Orthop Relat Res* (132):180-186
117. Qi L, Chang C, Xin T, et al. (2011) Double fixation of displaced patella fractures using bioabsorbable cannulated lag screws and braided polyester suture tension bands. *Injury* 42:1116-1120
118. Ranawat CS, Shine JJ (1973) Duo-condylar total knee arthroplasty. *Clon Orthop Relat Res* 94:185-195
119. Reilly DT, Martens M (1972) Experimental analysis of the quadriceps muscle force and patello-femoral joint reaction force for various activities. *Acta Orthop. Scand* 43:126-137
120. Rogge D, Oestern HJ, Gossé F (1985) Die Patellafraktur. *Orthopäde* 14:266-280
121. Roos EM, Roos HP, Ekdahl C, Lohmander LS (1998) Knee injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS): validation of a Swedish version. *Scand J Med Sci Sports* 8:439-448
122. Roos EM, Roos HP, Lohmander LS, Ekdahl C, Beynnon BD (1998) Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS) – development of a self-administered outcome measure. *J Orthop Sports Phys Ther* 28:88-96
123. Roos EM, Toksvig-Larsen S (2003) Knee injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS): validation and comparison to the WOMAC in total knee replacement. *Health Qual Life Outcomes* 1:17
124. Scapinelli R (1967) Blood supply of the human patella. *J Bone Joint Surg (Br)* 49:563-570
125. Schmier AA (1945) Excision of the fractured patella. *Surg Gynec Obstet* 81:370
126. Schütz MA, Südkamp NP (2003) Revolution in plate osteosynthesis: New internal fixator systems. *J Orthop Sci* 8:252-258

127. Scilaris TA, Grantham JL, Prayson MJ et al (1998) Biomechanical comparison of fixation methods in transverse patella fractures. *J Orthop Trauma* 12:356–359
128. Scott JC (1949) Fractures of the patella. *J Bone Joint Surg Am* 31B:76-81
129. Sgaglione NA, Del Pizzo W, Fox JM, Friedman MJ (1995) Critical analysis of knee ligament rating systems. *AM J Sports Med* 23:660-667
130. Sing JA, Schleck C, Harmsen WS, Lewallen D (2013) Validation of the Hospital for Special Surgery knee questionnaire: convergent validity, responsiveness and sensitivity to change. ACR/ARHP Annual Meeting, Abstract Number: 1926
131. Singerman R, White C, Davy DT (1995) Reduction of patellofemoral contact forces following anterior displacement of the tibial tubercle. *J Orthop Res* 13(2):279-285
132. Smillie I (1974) *Diseases of the Knee Joint*. S. 29-30, Churchill-Livingstone Verlag Edinburg
133. Smith ST, Cramer KE, Karges DE, Watson JT, Moed BR (1997) Early complications in the operative treatment of patella fractures. *J Orthop Trauma* 11:183-187
134. Sorensen KH (1964) The late prgnosis after fracture of the patella. *Acta Orthop Scand* 34:198-212
135. Sorensen KH (1964) The late prognosis after fracture of the patella. *Acta Orthop Scand* 34:198-212
136. Speck M, Regazzoni P (1994) Klassifikation der Patellafrakturen. *Z Unfallchir Versicherungsmed* 87:27-30
137. Springorum HP, Siewe J et al (2011) Einteilung und Therapie der Patellafraktur. *Orthopäde* 40:877-884
138. Steinbrück A, Fottner A et al (2011) Anatomie und Biomechanik des Patellofemoralgelenks. *Orthopäde* 40:848-854
139. Stürmer KM (1999) *Leitlinien Unfallchirurgie*. Thieme, Stuttgart New York, S 163-174
140. Takeuchi R, Sawaguchi T, Nakamura N, Ishikawa H, Saito T, Goldhahn S (2011) Cross-cultural adaptation and validation of the Oxford 12-item knee score in Japanese. *Arch Orthop Trauma* 131:247-254

141. Tegner Y, Lysholm H (1985) Rating systems in the evaluation of knee ligament injuries. *Clin Orthop* 198:43-49
142. Thelen S, et al. (2012) Biomechanical cadaver testing of a fixed-angle plate in comparison to tension wiring and screw fixation in transverse patella fractures. *Injury* 43(8):1290-1295
143. Tian Y, Zhou F, Ji H, Zhang Z, Guo Y (2011) Cannulated screw and cable are superior to modified tension band in the treatment of transverse patella fractures. *Clin Orthop Relat Res* 469:3429-3435
144. Todd J (1950) The end-results of fracture of the patella. *J Bone Joint Surg* 32-B:281
145. Torchia ME, Lewallen DG (1996) Open fractures of the patella. *J Orthop Trauma* 10:403-409
146. Troell A (1913) Zur Wertschätzung der heutigen Frakturbehandlung (Osteosynthese). *Monatsschr Unfallheilkd* 9:281
147. Turba JE, Walsh WM, Mcleod WD (1979) Long-term results of extensor mechanism reconstruction. A standard for evaluation. *Am J Sports Med* 7:91-94
148. Watkins MP, Harris BA, Wender S, Zarin B, Rowe CR (1983) Effect of patellectomy on the function of the quadriceps and harmstrigs. *J Bone Joint Surg Am* 65:390-395
149. Watson-Jones R (1945) Excision of patella. *Br Med J* 2:195-196
150. Weber MJ, Janecki CJ, Mcleod P, Nelson CL, Thompson JA (1980) Efficacy of various forms of fixation of transverse fractures of the patella. *J Bone Joint Surg Am* 62:215-220
151. Weigmann RM (1990) Friedrich Pauwels, Leben und Werk. Dissertation an der Medizinischen Fakultät der RWTH Aachen
152. Wendt PP, Johnson RP (1985) A study of quadriceps excursion, torque, and the effect of patellectomy on cadaver knees. *J Bone Joint Surg [Am]* 67(5):726-732
153. West FE (1962) End results of patellectomy. *J Bone Joint Surg Am* 44-A:1089-1108
154. White JW (1895) VI. The operative treatment of fracture of the patella. *Ann Surg* 22:661-670

155. Wiber G (1941) Roentgenographic and anatomic studies on the femoropatellar joint. Acta Orthop Scan 12:319-410
156. Wikipedia (2010) Patellafraktur. <https://de.wikipedia.org/wiki/Patellafraktur>, am 10.03.2016
157. Wild M, Eichler C, Thelen S, Jungbluth P, Windolf J, Hakimi M (2010) Fixed-angle plate osteosynthesis of the patella – an alternative to tension wiring? Clin Biomech 25:341-347
158. Wild M, Khayal T et al (2008) Die Zuggurtungsosteosynthese nach Patellafraktur. Komplikationen und mittelfristige klinische Ergebnisse. Unfallchirurg 11:892-897
159. Wild M, Windolf J, Flohé S (2010) Patellafrakturen. Unfallchirurg 5:401-411
160. Wilke A (2004) Vordere Kreuzbandläsion. S. 71-72, Steinkopff Verlag Darmstadt
161. Wirth B, Meier N, Koch PP et al. (2013) Entwicklung und Evaluation einer deutschen Version der Tegner Aktivitätsskala zur Erfassung der Funktion nach einer Verletzung des vorderen Kreuzbandes. Sportverletzung & Sportschaden 27:21
162. Wolter D (1985) Ein neues Plattenprinzip für die ventrale Spondylodese der Halswirbelsäule und für die dorsale Spondylodese nach Roy-Camille. Hefte Unfallheilk 174:390
163. Wolter D (1985/1986) Knochenplattenanordnung. Europäisches Patent Nr. 201 024
164. Wolter D (1991) Der Plattenfixateur interne für lange Röhrenknochen. In: Wolter D, Zimmer W (Hrsg) Die Plattenosteosynthese und ihre Konkurrenzverfahren. Springer, Berlin Heidelberg New York, S 339
165. Wolter D (1993) Deutsches Patent 43 43 117
166. Wolter D (1996) Deutsches Patent 196 29 011
167. Wolter D (1998) Deutsches Patent 198 58 889.5
168. Wolter D, Jürgens C (2006) Winkelstabile Verbindungen bei Osteosyntheseimplantaten. Trauma Berufskrankh 8:206-211
169. Wolter D, Kortmann HR, Schultz JH et al (1995) Die Anwendung des Druckplattenfixateur interne im Bereich der ventralen Halswirbelsäule, der Brust- und Lendenwirbelsäule sowie des Oberschenkels. In: Wolter D, Hansis M, Havermann D (Hrsg) Externe und interne Fixateursysteme. Springer, Berlin

Heidelberg New York, S 173-182

170. Wolter D, Schürmann U, Seide K (1999) Universeller Titanfixateur interne. Trauma Berufskrankh 1:307-319
171. Wu CC, Tai CL, Chen WJ (2001) Patellar tension band wiring: A revised technique. Orthop Trauma Surg 121:12-16
172. Wurm S, Augat P, Bühren V (2012) Winkelstabile Plattenosteosynthese der Patella. Trauma Berufskrankh 14:147-151
173. Xie F, Li S, Lo N, Yeo S, Yang K, Yeo W, et al. (2007) Cross-cultural adaptation and validation of Singapore English and Chinese versions of the Oxford Knee Score (OKS) in knee osteoarthritis patients undergoing total knee replacement. Osteoarthritis Cartilage 15:1019-102
174. Xie F, Li SC, Roos EM, Fong KY, Lo NN, Yeo SJ, et al. (2006) Cross-cultural adaptation and validation of Singapore English and Chinese versions of the Knee injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS) in Asians with knee osteoarthritis in Singapore. Osteoarthritis Cartilage 14:1098-1103
175. Yang L, Yueping O, Wen Y (2010) Management of displaced comminuted patellar fracture with titanium cable cerclage. The Knee 17(4):283-286

7 **Abbildungsverzeichnis**

Abbildung 1: AO-Klassifikation der Patellafraktur.....	17
Abbildung 2: Einteilung der Patellafraktur nach Speck und Regazzoni	18
Abbildung 3: Einteilung der Patellafraktur nach Klute und Meenen	19
Abbildung 4: Darstellung einer frühen Form der Plattenosteosynthese	21
Abbildung 5: Auszug aus dem Katalog der Fa. Collin 1935	22
Abbildung 6: Druckplattenfixateur zur Verwendung an der Wirbelsäule	23
Abbildung 7: Darstellung der Lastübertragung im kortikospongiösen Knochen bei unverblockter Variante und bei verblockter Variante	24
Abbildung 8: Winkelstabile polyaxiale Patellaplatte der Fa. Königsee	29
Abbildung 9: Punkte nach Lysholm und Gillquist Score	51
Abbildung 10: Punkte nach Tegner Aktivitätsscore	52
Abbildung 11: Punkte nach HSS Score	53
Abbildung 12: Punkte nach Patella Score nach Turba et al	55
Abbildung 13: Punkte nach modifiziertem Oxford Knee Score	56
Abbildung 14: Ergebnisse Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score alle Patienten in Prozent	57
Abbildung 15: Ergebnisse Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score Typ C1 Fraktur in Prozent	58
Abbildung 16: Ergebnisse Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score Typ C2 Fraktur in Prozent	59
Abbildung 17: Ergebnisse Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score Typ C3 Fraktur in Prozent	60
Abbildung 18: Ergebnisse Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score bei isolierter Patellafraktur in Prozent	61
Abbildung 19: Ergebnisse Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score bei Patellafraktur mit Begleitverletzungen in Prozent	62
Abbildung 20: Ergebnisse Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score "Total", Vergleich der Patientengruppen in Prozent	63
Abbildung 21: Punkte nach Böstman Score	64
Abbildung 22: Punkte nach Iowa Knee Evaluation Score	65

8 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Modifizierter Score nach Lysholm und Gillquist	33
Tabelle 2: Aktivitätsscore nach Tegner und Lysholm	34
Tabelle 3: HSS Score	36
Tabelle 4: Patella-Score nach Turba et al., subjektiver Teil	38
Tabelle 5: Patella-Score nach Turba et al., objektiver Teil	38
Tabelle 6: Modifizierter Oxford Knee Score	40
Tabelle 7: Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score Teil A: Symptome	41
Tabelle 8: Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score Teil B: Schmerz	42
Tabelle 9: Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score Teil C: Funktionen im Alltag	43
Tabelle 10: Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score Teil D: Funktion, Sport/Freizeit	44
Tabelle 11: Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score Teil E: Lebensqualität	45
Tabelle 12: Böstman Score	46
Tabelle 13: Iowa Knee Evaluation Score	48