

Aus der Medizinischen Fakultät
der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

Postoperative Analgesie nach Implantation von Knieendoprothesen bei
posttraumatischer Gonarthrose – Patientenkontrollierte intravenöse
Analgesie versus Nervus femoralis/ischiadicus Katheter versus
Intraartikulärer Katheter

Dissertation

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

vorgelegt von

Anne Terschluse

2021

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

gez.:

Dekan: Prof. Dr. med. Nikolaj Klöcker

Erstgutachter: Prof. Dr. med. Heinz-Herbert Homann, Plastische Chirurgie

Zweitgutachter: Prof. Dr. med. Joachim Windolf

Für meinen Bruder Lukas.

Teile dieser Arbeit wurden veröffentlicht

- Poster Präsentation, am 12. Februar 2017 im BG Klinikum Duisburg
- Poster Präsentation, 6. Jahreskongress der Deutschen Kniegesellschaft am 24./25.11.2017 in Köln
- Poster Präsentation, Symposium der Medical Research School am 9. Mai 2018 in der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf
- Poster Präsentation, 7. Jahreskongress der Deutschen Kniegesellschaft am 23./24.11.2018 in München
- Poster Präsentation am 28./29.11.2019 in der BG Unfallklinik Frankfurt am Main
- Angenommener Vortrag beim Deutschen Kongress für Orthopädie und Unfallchirurgie 2020 in Berlin (abgesagt), publiziert als Vortragsabstract in der Zeitschrift für Orthopädie und Unfallchirurgie 2020; 158(S 01): S50 (DOI 10.1055/s-0040-1717303)

Zusammenfassung

Die Indikation für die Implantation von Kniegelenkttotalendoprothesen (KTET) steigt stetig an und wird im Rahmen des demografischen Wandels weiter zunehmen (1,2). Mittlerweile findet sich die KTET-Implantation unter den 20 häufigsten elektiven Operationen in Deutschland (3). Eine Arthrose beeinträchtigt das gesamte Lebensumfeld der Betroffenen, so dass die Implantation einer KTET Patienten mit symptomatischer Gonarthrose eine effektive und finale Therapie bietet. Eine Sonderstellung nimmt die posttraumatische Gonarthrose ein. In vielen Fällen findet sich bei den betroffenen Patienten eine schwierige Weichteilsituation, hervorgerufen durch Vernarbungen oder Voroperationen. Im Rahmen der KTET Implantation kann dies mit invasiveren Operationsmethoden einhergehen, die folglich ein erhöhtes Risiko von hohen postoperativen Schmerzen aufzeigen (4,5). Es zeigt sich, dass geringe postoperative Schmerzen ein elementarer Baustein sind, um das OP Ergebnis zu sichern, indem eine adäquate frühe Mobilisation stattfinden kann (6). Patienten, welche niedrige postoperativen Schmerzen angeben werden früher aus der stationären Behandlung entlassen, sind meist zufriedener mit der Behandlung und zeigen ein geringeres Risiko chronische Schmerzen im weiteren Verlauf zu entwickeln (7). Im Rahmen dieser Studie wurden die Analgesieverfahren, die *Patient-controlled intravenous analgesia* (PCIA), der Nervus femoralis/ischiadicus Katheter (NFK/NIK) und der Intraartikulärer Katheter (IAK) im Zuge der postoperativen Schmerzreduktion untersucht. Das Ziel dieser Studie bestand darin zu prüfen, ob ein Analgesieverfahren den anderen beiden überlegen ist. Die Studie wurde im BG Klinikum Duisburg über 3 Jahre durchgeführt, wobei die Patienten zu einem Zeitpunkt präoperativ und zu 6 Zeitpunkten postoperativ untersucht wurden. Dabei wurden die Kniebeweglichkeit, der *Knee Society Score* (KSS), die Visuelle Analoge Schmerzskala (VAS), die Mobilität und der Bedarf an oralen *Rescue* Analgetika erhoben. Zudem wurde die Patientenzufriedenheit untersucht. Das eingeschlossene Studienkollektiv umfasste 90 Patienten, welche alle an einer diagnostizierten posttraumatischen Gonarthrose litten und bei denen die Indikation zu einer primären KTET bestand. Es wurden insgesamt 67 Männer und 23 Frauen eingeschlossen. Die Patienten waren zwischen 32 und 80 Jahren alt und der Median betrug 57 Jahre. In dieser Arbeit wurde bei 14,63% der Patienten Komplikationen verzeichnet, wobei nur der Zeitraum des stationären Aufenthalts betrachtet und somit auch nur Frühkomplikationen erfasst wurden. Diese Studie konnte zeigen, dass grundsätzlich alle drei Analgesie-Verfahren zur postoperativen Schmerzreduktion bei Patienten mit posttraumatischer KTET-Implantation zu einer Schmerzreduktion und einer verbesserten Mobilität führten. Kein Analgesieverfahren war den anderen beiden wesentlich unterlegen. Die Patienten, welche mittels IAK behandelt wurden, zeigten jedoch einen erhöhten Opioid Bedarf zum Zeitpunkt T1 und T2. Die positiven Effekte des IAK im Rahmen der Behandlung der primären Arthrosen konnten in unserer Studie nicht bestätigt werden. Zudem erreichten die Patienten der NFK/NIK Gruppe signifikant bessere Ergebnisse der passiven Flexion im Gegensatz zu der PCIA Gruppe zum Zeitpunkt T4 und zur IAK Gruppe zum Zeitpunkt T6, was eine Tendenz zu Vorteilen der Anwendung des NFK/NIK zur Analgesie nach KTET bei posttraumatischen Gonarthrosen demonstriert. Als Ausblick erscheint es sinnvoll die erhobenen Ergebnisse mit einer größeren Studienpopulation unter der Beachtung einer ausgeglichenen Alters- und Geschlechterverteilung zu überprüfen. Zudem sollten identische Prothesentypen gegeneinander untersucht werden, da in der vorliegenden Studie unterschiedliche Prothesentypen und Kopplungsgrade in den drei Gruppen vorlagen und für die statistische Analyse nicht berücksichtigt wurden.

Abstract

The indication for implantation of total knee arthroplasty (KTEP) is steadily increasing and will continue to increase in the context of demographic change (1,2). Meanwhile, KTEP implantation can be found among the 20 most frequent elective surgeries in Germany (3). Osteoarthritis affects the entire living environment of the affected person, so that the implantation of a KTEP offers patients with symptomatic gonarthrosis an effective and final therapy. Posttraumatic gonarthrosis occupies a special position. In many cases, the affected patients have a difficult soft tissue situation caused by scarring or previous operations. In the context of KTEP implantation, this can be accompanied by more invasive surgical methods, which consequently reveal an increased risk of high postoperative pain (4,5). It is shown that low postoperative pain is an elementary component to ensure the surgical outcome by allowing adequate early mobilization (6). Patients who report low postoperative pain are discharged earlier from inpatient care, are usually more satisfied with the treatment, and show a lower risk of developing chronic pain later in life (7). In this study, the analgesia procedures, patient-controlled intravenous analgesia (PCIA), femoral/ischiadicus nerve catheter (NFK/NIK) and intra-articular catheter (IAK) were investigated in the course of postoperative pain reduction. The purpose of this study was to determine if one analgesia procedure is superior to the other two. The study was conducted at the BG Klinikum Duisburg over a 3-year period, and patients were assessed at one time point preoperatively and at 6 time points postoperatively. Knee mobility, Knee Society Score (KSS), Visual Analog Pain Scale (VAS), mobility, and need for oral rescue analgesics were assessed. In addition, patient satisfaction was assessed. The included study population comprised 90 patients, all of whom had diagnosed post-traumatic gonarthrosis and were indicated for primary KTEP. A total of 67 men and 23 women were included. Patients ranged in age from 32 to 80 years, and the median age was 57 years. In this work, complications were recorded in 14.63% of the patients, considering only the period of hospitalization, and thus only early complications were recorded. This study was able to show that basically all three analgesia procedures for postoperative pain reduction resulted in pain reduction and improved mobility in patients with posttraumatic KTEP implantation. No analgesia procedure was significantly inferior to the other two. However, patients treated by IAK showed increased opioid requirements at T1 and T2. The positive effects of IAK in the treatment of primary osteoarthritis could not be confirmed in our study. In addition, patients in the NFK/NIK group achieved significantly better passive flexion results in contrast to the PCIA group at time T4 and to the IAK group at time T6, demonstrating a trend toward benefits of using NFK/NIK for analgesia after KTEP in posttraumatic gonarthrosis. As an outlook, it seems reasonable to verify the collected results with a larger study population considering a balanced age and gender distribution. In addition, identical prosthesis types should be examined against each other, since in the present study different prosthesis types and degrees of coupling were present in the three groups and were not considered for the statistical analysis.

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1 Röntgenbilder von Studienpatient vor und nach KTEP.....	9
Abb. 2 Modifizierte Abbildung zum WHO Schmerzschema (57,62)	12
Abb. 3 Untersuchungszeitpunkte.....	23
Abb. 4 Visuelle Analog Skala.....	27
Abb. 5 Randomisierung der Studienpopulation.....	32
Abb. 6 Geschätzte Randmittel der VAS	36
Abb. 7 Geschätzte Randmittel der VAS	37
Abb. 8 Geschätzte Randmittel ROM aktiv Flexion	39
Abb. 9 Geschätzte Randmittel ROM aktiv Extension.....	39
Abb. 10 Geschätzte Randmittel ROM passiv Flexion	42
Abb. 11 Geschätzte Randmittel ROM passiv Extension.....	42
Abb. 12 Geschätzte Randmittel des <i>Knee Score</i>	45
Abb. 13 Geschätzte Randmittel des <i>Functional Score</i>	47
Abb. 14 Geschätzte Randmittel <i>Rescue</i> Analgetika der Opioid Gruppe	49
Abb. 15 Geschätzte Randmittel der <i>Rescue</i> Analgetika NOA.....	50

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Arthrose Stadien nach Kellgren und Lawrence modifiziert nach Kellgren et al. und Kohn et al. (22,23)	5
Tabelle 2 Demografische Daten der Patienten	33
Tabelle 3 Daten zur Operation.....	35
Tabelle 4 <i>Test of Within-Subjects Factors</i> der VAS.....	36
Tabelle 5 <i>Test of Between-Subjects Factors</i> der VAS.....	36
Tabelle 6 <i>Test of Within-Subjects Effects</i> der aktiven ROM in Flexion.....	38
Tabelle 7 <i>Test of Between-Subjects Effects</i> der aktiven ROM in Flexion.....	38
Tabelle 8 <i>Test of Within-Subjects Effects</i> der aktiven ROM in Extension.....	38
Tabelle 9 <i>Test of Between-Subjects Effects</i> der aktiven ROM in Extension.....	38
Tabelle 10 <i>Test of Within-Subjects Effects</i> der passiven ROM der Flexion.....	40
Tabelle 11 <i>Test of Between-Subjects Effects</i> der passiven ROM der Flexion.....	40
Tabelle 12 <i>Test of Within-Subjects Effects</i> der passiven ROM der Extension.....	40
Tabelle 13 <i>Test of Between-Subjects Effects</i> der passiven ROM der Extension.....	40

Tabelle 14 <i>Test of Within-Subjects Effects</i> der Fähigkeit das betroffene Bein anzuheben	43
Tabelle 15 <i>Test of Between-Subjects Effects</i> der Fähigkeit das betroffene Bein anzuheben	43
Tabelle 16 <i>Test of Within-Subjects Effects</i> des KSS	44
Tabelle 17 <i>Tests of Between-Subjects Effects</i> des KSS	45
Tabelle 18 <i>Test of Within-Subjects Effects</i> des <i>Functional Score</i>	46
Tabelle 19 <i>Test of Between-Subjects Effects</i> des <i>Functional Score</i>	46
Tabelle 20 <i>Test of Within-Subjects Effects</i> der <i>Rescue</i> Analgetika der Opioid Gruppe .	48
Tabelle 21 <i>Test of Between-Subjects Effects</i> der <i>Rescue</i> Analgetika der Opioid Gruppe	48
Tabelle 22 <i>Test of Within-Subjects Effects</i> der <i>Rescue</i> Analgetika der NOA Gruppe....	49
Tabelle 23 <i>Test of Between-Subjects Effects</i> der <i>Rescue</i> Analgetika der NOA Gruppe.	50
Tabelle 24 Perioperative Zufriedenheit	51
Tabelle 25 Komplikationen	52

Abkürzungsverzeichnis

KTEP	Kniegelenktotalendoprothese
HTEP	Hüftgelenktotalendoprothese
PCIA	<i>Patient-controlled intravenous analgesia</i>
PCA	<i>Patient-controlled analgesia</i>
NFK	Nervus Femoralis Katheter
NIK	Nervus Ischiadicus Katheter
IAK	Intraartikulärer Katheter
LIA	<i>local infiltration analgesia</i>
VAS	Visuelle Analoge Schmerzskala
KSS	<i>Knee Society Score</i>
Lig.	Ligamentum
M.	Musculus
N.	Nervus
V.	Vena
A.	Arteria
CPM	<i>Continuous Passive Motion</i>
mg	Milligramm
s.l.	sublingual
i.v.	intravenös
p.o.	per os
NOA	Nicht-Opioid-Analgetika
NSAR	Nichtsteroidales Antirheumatika
vgl.	Vergleiche
m/s	Meter pro Sekunde
ml	Milliliter
OP	Operation
IQTIG	Institut für Qualitätssicherung und Transparenz im Gesundheitswesen
CRP	C-reaktives Protein
BMI	<i>Body-Mass Index</i>
ROM	<i>Range of Motion</i>
PNS	Peripheres Nervensystem
ZNS	Zentrales Nervensystem
CR	<i>Cruciate-Retaining</i>
PS	<i>Posterior-Stabilized</i>
CCK	<i>Condylar Constrained Knee</i>

Inhaltsverzeichnis

1	EINLEITUNG	1
1.1	ANATOMIE DES KNIEGELENKS.....	2
1.2	ARTHROSE.....	4
1.3	KNIEGELENKTOTALENDOPROTHESE	7
1.4	SCHMERZ	12
1.5	POSTOPERATIVE ANALGESIEVERFAHREN	17
1.6	ZIEL DER ARBEIT	20
2	MATERIAL UND METHODEN.....	22
2.1	STUDIENDESIGN.....	22
2.2	PATIENTENKOLLEKTIV	22
2.3	STUDIENABLAUF	22
2.4	POSTOPERATIVE NACHBEHANDLUNG	25
2.5	PROTHESENMODELLE.....	26
2.6	KONTROLLPARAMETER.....	26
2.7	STATISTIK	29
3	ERGEBNISSE.....	31
3.1	DEMOGRAFIE	31
3.2	OPERATION UND STATIONÄRER AUFENTHALT	34
3.3	PARAMETRISCHE TESTS	35
3.4	<i>RESCUE</i> ANALGETIKA	47
3.5	ZUFRIEDENHEIT MIT DER BEHANDLUNG	50
3.6	KOMPLIKATIONEN	51
4	DISKUSSION	53
4.1	STUDIENDESIGN UND METHODEN	54
4.2	ERGEBNISSE	56
4.3	KOMPLIKATIONEN	61
4.4	LIMITATIONEN.....	63
5	SCHLUSSFOLGERUNG	65
6	LITERATUR UND QUELLENVERZEICHNIS	67
7	ANHANG	76

1 Einleitung

Die Gonarthrose zeigt in der Bevölkerung eine hohe Prävalenz (8). Infolge dessen findet sich die Implantation von Knie totalendoprothesen (KTEP) unter den 20 häufigsten operativen Eingriffen in Deutschland und ist nach der Hüft totalendoprothese (HTEP) der häufigste implantierte Gelenkersatz in Deutschland (9). Die Zahl der primären Knieprothesen steigt seit Jahren. Im Jahr 2018 wurden in Deutschland 119.131 primäre Knieprothesen implantiert davon waren 87,2% Vollprothesen (10). Aufgrund des demografischen Wandels ist davon auszugehen, dass die Anzahl der Knieprothesen in den nächsten Jahren stetig steigen wird (1,2). Zudem sind die Patienten, welche sich einer Implantation mittels KTEP unterziehen, oft älter und weisen Nebenerkrankungen auf, so dass sie ein erhöhtes Komplikationsrisiko für den operativen und postoperativen Verlauf zeigen (11).

Die häufigste Indikation zur KTEP stellt die primären Gonarthrosen dar, hier liegt eine multifaktorielle Genese vor. Nach knöchernen und/oder ligamentären Verletzungen des Kniegelenkes kann demgegenüber eine posttraumatische Gonarthrose resultieren, die eine Endoprothesenversorgung, durchschnittlich im jüngeren Patientenalter erfordert als bei der primären Gonarthrose, im Laufe des Lebens notwendig machen. Studien zeigen, dass 12% aller Arthrosen in die Gruppe der posttraumatischen Arthrosen gezählt werden (12). Insgesamt weisen 7,5% der Patienten bereits Voroperationen am betroffenen Kniegelenk auf (10). Zudem zeigen diese Patienten häufig Hinweise für eine Schmerzchronifizierung, was negativ mit dem Operationsergebnis korrelieren kann. Die vorangegangenen Traumata selbst sowie eventuelle multiple Voroperationen führen zu schwierigen Weichteil- und Knochenverhältnissen im Kniegelenk.

Aufgrund dieser speziellen Voraussetzungen sind posttraumatische KTEP häufig mit einem aufwändigeren und risikoreicheren Eingriff mit erschwerter Präparation vergesellschaftet, bei denen Instabilitäten und Knochenverluste operativ berücksichtigt werden müssen. Die peri- und postoperativen Risiken und Komplikationen sind demzufolge erhöht und das Outcome insgesamt schlechter (4,5). Dementsprechend ist besonders diese Patientengruppe auf eine präzise und adäquate Analgesie im postoperativen Verlauf angewiesen. Zur Sicherung des Operationserfolges ist eine

frühzeitige Mobilisation vorausgesetzt, sodass eine optimale Analgesie in der frühen postoperativen Phase essentiell ist (13). Bei dieser Patientengruppe ist eine adäquate postoperative Analgesie unabdingbar, um eine frühzeitige Rehabilitation zu ermöglichen, einer Chronifizierung von Schmerzen entgegenzuwirken, und somit eine Steigerung der Lebensqualität der Patienten zu sichern (14,15).

1.1 Anatomie des Kniegelenks

Das Knie ist das größte Gelenk des Menschen, welches für den aufrechten Gang von entscheidender Bedeutung ist und sowohl zur Fortbewegung als auch zur Statik einen wichtigen Anteil beiträgt (16,17).

Die Patella, der distale Femurkondylus sowie das proximale Tibiaplateau bilden zusammen den knöchernen Anteil des Kniegelenks (18). Das Kniegelenk setzt sich aus zwei Teilgelenken zusammen. Das Femoropatellargelenk besteht aus der Trochlea femoris und der Facies articularis patellae. Das Femorotibialgelenk besteht aus dem proximalen medialen und lateralen Tibiaplateau und den distalen Femurkondylen. Das Kniegelenk ist ein Drehscharniergelenk und ermöglicht, in Abhängigkeit der Beugung im Kniegelenk, durch seine biomechanischen Eigenschaften sechs Freiheitsgrade innerhalb von drei Dimensionen durchzuführen (17,18). Im Kniegelenk können eine Extension und Flexion, eine Außen- und Innenrotation sowie eine geringe Abduktion und Adduktion ausgeführt werden.

Die Femurkondylen, die Patellarrückfläche und das Tibiaplateau sind mit einer mindestens 2-3 Millimeter hohen Gelenkknorpelfläche überzogen (18). Dieser hyaline Gelenkknorpel bildet einen wichtigen Anteil am Stützgewebe des menschlichen Skeletts (16). Kommt es zu einer Schädigung des Knorpels, beispielsweise durch ein Trauma, so findet keine Regeneration des zerstörten Gelenkknorpels statt. Anstelle des hyalinen Knorpels bildet sich ein kollagenes Ersatzgewebe, welches geringere Zug- und Druckfestigkeit als der hyaline Gelenkknorpel aufzeigt (16,17). Infolgedessen können degenerative Veränderungen in der Gelenkfläche entstehen, was in einer Arthrose gipfeln kann (18).

Neben dem hyalinen Knorpel tragen die beiden „C“ förmigen Menisken mit ihrem gefäßfreien Faserknorpel durch die Vergrößerung der Gelenkfläche zwischen den

Femurkondylen und dem Tibiaplateau, entscheidend zur Druckentlastung bei (17,18). Die Menisken liegen intraartikulär und werden von Synovia umgeben, welche die innenliegende Meniskusanteile ernährt (16). Die außenseitigen Anteile beider Menisken sind mit der Gelenkkapsel verwachsen und werden durch einen Ast der Arteria (A.) inferior genus versorgt (16–17). Der laterale Meniskus wird aufgrund seiner geringen lateralen Fixierung an der Gelenkkapsel deutlich seltener im Rahmen eines Traumas verletzt (18). Der mediale Meniskus hingegen ist über eine breite laterale Fläche mit dem distalen Tibiaplateau verwachsen und zeigt durch seine enge topografische Beziehung zu dem medialen Kollateralband sowie dem vorderen Kreuzband ein erhöhtes Verletzungsaufkommen (18).

Das Kniegelenk wird hauptsächlich durch einen komplexen Bandapparat aus Kreuz- und Kollateralbändern gestützt und ermöglicht so stabile Bewegungen (16). Das vordere und hintere Kreuzband liegt in der Fossa intercondylaris und befinden sich im intrakapsulären Bereich des Kniegelenks, verlaufen jedoch extraartikulär (16,18). Die Kreuzbänder bestehen aus Faserzügen und werden zum Großteil durch die A. media genus versorgt (17,18). Sie stabilisieren das Kniegelenk in allen sechs Freiheitsgeraden der drei Dimensionen, ermöglichen so einerseits eine Außenrotation und hemmen andererseits die Innenrotation sowie die Bewegung des Femurs gegen die Tibia in der Sagittalebene. Die beiden Kollateralbänder bestehen aus hyalinem Kollagen und sichern das Kniegelenk gegen einen zu großen Valgus- und Varusstress. Das Ligamentum (Lig.) collaterale tibiale zieht vom medialen Femurkondylus zur Facies medialis der Tibia. Das laterale Kollateralband, das Lig. collaterale fibulare zieht äquivalent vom lateralen Femurkondylus zum Fibulakopf (17,18).

Neben dem Kapselband-Apparat tragen die Muskeln zu einem stabilen und beweglichen Gelenk bei. Die Extensoren des Musculus (M.) quadriceps femoris ermöglichen eine Streckung bis 0° , bei überstreckbaren Gelenken sogar bis zu 10° . Der M. quadriceps femoris setzt sich aus vier Anteilen zusammen, dem M. rectus femoris, M. vastus medialis, intermedius und lateralis, und vereinigt sich im Lig. Patellae.

Die Flexorengruppe ermöglicht eine Beugung im Kniegelenk von bis zu 150° (18). Diese Gruppe setzt sich aus dem M. sartorius, dem M. gracilis, M. semitendinosus, M. semimembranosus, M. biceps femoris, M. popliteus und dem M. gastrocnemius zusammen (16).

Die arterielle Versorgung des Kniegelenks wird durch die A. poplitea und den ihr entspringenden Ästen versorgt. Der venöse Abfluss erfolgt über die Vena (V.) poplitea welche in die V. iliaca externa mündet (18).

Die motorische Innervation des Kniegelenks erfolgt von dorsal durch den Nervus (N.) ischiadicus, welcher sich in der Mitte des dorsalen Oberschenkels in den N. tibialis und N. fibularis aufteilt (18,19). Er entspringt aus dem Plexus lumbosacralis und innerviert mit seinen zwei Abgängen bis auf den M. sartorius alle Knieflexoren (4). Der M. quadriceps femoris wird vom N. femoralis innerviert welcher aus dem Plexus lumbalis entspringt (18). Die Sensorik der Kniekehle wird über den N. cutaneus femoris posterior, welcher aus dem Plexus sacralis entsteht, versorgt. Das ventrale Knie wird über den N. femoralis sowie Äste des N. saphenus und des N. fibularis communis sensorisch versorgt (18). Die lateralen Anteile des Kniegelenks werden durch die Hautnerven des N. cutaneus femoris lateralis und des N. saphenus innerviert (18).

Aufgrund der komplexen Band und Knochenstrukturen ist das Kniegelenk häufig von Verletzungen betroffen, die über eine direkte Schädigung von Gelenkknorpel, Inkongruenzen und Instabilitäten in einer posttraumatischen Gonarthrose münden können.

1.2 Arthrose

Die Gonarthrose zeigt eine Prävalenz von 23,8% und steigt mit zunehmenden Alter in der Gesellschaft an (8). Insgesamt sind Frauen häufiger als Männer von einer Gonarthrose betroffen (8). Infolgedessen steigt die Zahl der in Deutschland implantierten KTEP und unikondylären Schlittenprothesen stetig an (2,10).

Eine Arthrose entsteht zumeist über einen längeren Zeitraum aufgrund eines progredienten Knorpelschadens der beteiligten Gelenkflächen (18,20,21). Im Rahmen einer Arthrose kommt es in der Kollagenschicht des hyalinen Knorpels zu feinen Schädigungen (21). Diese Schädigungen werden fulminanter und münden schlussendlich in einem kompletten Verlust des Knorpelgewebes (21). In Folge der Schädigung des hyalinen Knorpelgewebes kommt es zu einer Synovialitis, welche ihrerseits im Rahmen der lokalen Entzündungsreaktion den hyalinen Knorpel weiter zerstört (17,21). Neben

dem Knorpel und Knochen sind auch die Begleitstrukturen wie der Muskel- und Bandapparat sowie die Menisken bei einer Gonarthrose betroffen (17).

Eine Arthrose wird anhand der Klinik des Patienten und den radiologisch sichtbaren Veränderungen im Röntgenbild diagnostiziert (20). Klinisch äußert sich eine Gonarthrose mit Belastungs- und Ruheschmerzen sowie einer Bewegungseinschränkung im betroffenen Kniegelenk (20,21). Zudem kann es bei fortgeschrittener Arthrose zu Kontrakturen oder Achsfehlstellungen im Kniegelenk kommen (20,21). Bildmorphologisch wird eine Arthrose im Röntgenbild anhand von einer Verschmälerung des Gelenkspaltes, von osteophytären Anbauten, Geröllzysten und einer subchondralen Sklerosierung diagnostiziert (20). Anhand des Auftretens dieser Zeichen wird die Arthrose radiologisch in vier Stadien nach Kellgren und Lawrence eingeteilt und dient der Bestimmung des Schweregrades der Erkrankung (Tabelle 1) (20).

Stadien	Veränderungen im Nativradiologischen Röntgenbild
1	• Subchondrale Sklerose
2	• Subchondrale Sklerose • Inkongruente Gelenkoberfläche • Gelenkspaltverschmälerung • Diskrete Osteophytenbildung
3	• Unregelmäßigkeit der Gelenkfläche • Gelenkspaltverschmälerung • Deutliche Osteophytenbildung
4	• Zerstörte Gelenkoberflächen • Starke Gelenkspaltverschmälerung • Massive Osteophytenbildung

Tabelle 1 Arthrose Stadien nach Kellgren und Lawrence modifiziert nach Kellgren et al. und Kohn et al. (22,23)

Insgesamt werden zwei Gruppen der Arthrose in Abhängigkeit ihrer Ursache unterteilt (21,24). Die primäre Arthrose ist idiopathisch und entsteht langsam-progredient aufgrund einer ungenügenden Knorpelqualität, die Genese ist multifaktoriell (20,21). Die Gruppe der sekundären Gonarthrosen geht auf bekannte Ursachen, wie beispielsweise einer

vorrangegangenen Entzündung, einer metabolischen oder endokrinen Erkrankung oder eines Traumas zurück (20,21,24).

Für die Arthrose existiert aktuell keine ursächliche kurative Behandlung, sodass die Therapie auf einer Schmerzreduktion und einer Verbesserung der Beweglichkeit abzielt (20). Bei einer Arthrose gibt es sowohl die Möglichkeit eines konservativen Therapieregimes als auch die Möglichkeit der operativen Behandlungsoptionen (20,21). Die konservative Therapie greift vorwiegend bei leichten Formen der Arthrose und umfasst eine adäquate Analgesie in Abhängigkeit von Nebenerkrankungen, eine intensive Bewegungstherapie sowie eine Entlastung des von der Arthrose betroffenen Gelenkes beispielsweise durch Gehhilfen (20). Zusätzlich wird im Rahmen der konservativen Therapie auf Injektionstherapien, beispielsweise mit Hyaluron, Orthesenversorgungen oder physikalische Therapien zurückgegriffen.

Es sollte in jedem Fall vor einer operativen Behandlung ein konservativer Therapieversuch unternommen werden. Bei frühen Formen der Arthrose kann operativ-gelenkerhaltend eine arthroskopische Gelenktoilette mit Débridement, eine Abtragung osteophytärer Anbauten und Spülung erfolgen, wobei eine längerfristige Beschwerdebesserung nach aktueller Datenlage nicht zu erwarten ist (25). Bei fokalen Knorpelschäden kann eine knorpelregenerative Therapie, zum Beispiel Mikrofrakturierung oder autologe Chondrozyten Transplantation durchgeführt werden (20). Liegt eine Achsabweichung zugrunde, kann bei jungen Patienten mit beginnender monokompartimentärer Arthrose die Möglichkeit einer Umstellungsosteotomie diskutiert werden. Ansonsten steht bei einer monokompartimentärer Arthrose die Möglichkeit der Implantation einer unikondylären Schlittenprothese zur Verfügung(20).

Bei frustranen konservativen Therapieversuchen über einen Zeitraum von drei bis sechs Monaten und einer radiologisch und klinisch gesicherten Arthrose, besteht die Indikation zur Versorgung mittels KTEP (20,26).

1.2.1 Besonderheiten der posttraumatischen Gonarthrose

Die posttraumatische Gonarthrose zeigt je nach Literatur eine Prävalenz von 21 bis 44% (5). Dabei stellen insbesondere stattgehabte Frakturen mit entsprechenden Folgeschäden eine entscheidende Ursache für eine posttraumatische Arthrose dar (5,27).

Das betroffene Kniegelenk ist dabei oftmals bereits voroperiert (10,28).

Bei einer posttraumatischen Gonarthrose können aufgrund möglicher Knochendefekte oder Weichteilschädigungen eine individuelle und invasivere Operation notwendig werden (29). Durch vorbestehende Kniegelenksschädigungen und invasivere Implantationsmethoden besteht eine erhöhte postoperative Komplikationsrate von 26% bei diesem Patientenkollekt (30). Daneben zeigt sich bei der posttraumatischen KTEP eine erhöhte Infektionsrate (29).

Zur Behandlung der im Rahmen der posttraumatischen Gonarthrosen auftretenden Schmerzen und der Bewegungseinschränkung stellen KTEP ein etabliertes Verfahren in der operativen Orthopädie und Unfallchirurgie dar (31,32).

Aufgrund der vorhandenen knöchernen und/oder ligamentären Traumatisierung und einer eventuellen daraus folgenden Instabilität des Kniegelenks wird bei Patienten mit posttraumatischer Gonarthrose häufiger KTEP mit höheren Kopplungsgraden verwendet (5).

Die posttraumatischen Schäden sowie die durch den Eingriff erhöhte Komplikations- und Infektionsrate gekoppelt mit einer invasiveren Implantation führen zu einer gesteigerten Revisionsrate bei posttraumatischen KTEP (5,30).

1.3 Kniegelenktotalendoprothese

Die erste KTEP wurde im Jahre 1890 von dem Chirurgen Dr. Gluck implantiert (33). Er entwickelte damals diese neuartige Methode, um von Tuberkulose zerstörte Kniegelenken ihre Funktion zurück zu geben (33). Seitdem ist die Prothesentechnik unaufhaltsam vorangeschritten und die Zahl der jährlich implantierten Knieprothesen steigt stetig (2,10).

Im Rahmen der endoprothetischen Versorgung der Gonarthrose werden zerstörte Gelenkoberflächen entfernt und durch Implantate ersetzt. Dabei unterscheidet man nach dem zu ersetzenden Gelenkteil zwischen der Teilprothese und der sogenannten Totalendoprothese (17). Die Teilprothese ersetzt einen Teil des knöchernen Kniegelenks, zu ihnen zählen die unikondylären (medial oder lateral) Schlittenprothesen und der Femoropatellare Gelenkersatz (17). Die Implantation der unikondylären Prothesen steigt in Deutschland ebenfalls an und betrug im Jahre 2018 einen Anteil von 12,6% aller Primärprothesen (10). Die Indikation zur Teilprothese wird bei einer streng lokal begrenzten Arthrose des medialen oder lateralen Anteiles des Kniegelenks oder des

Femoropatellargelenks gestellt (20). Das Verfahren ist im Gegensatz zur Vollprothesenversorgung weniger invasiv und bietet sich somit im besonderen Maße für jüngere Patienten an, die sich aufgrund ihres Alters und der daraus resultierenden höheren Belastung der Knieprothese im Laufe ihres Lebens wahrscheinlich einem Prothesenwechsel unterziehen müssen (20). Patienten, die mit einer Schlittenprothesen versorgt werden, zeigen zudem im postoperativen Verlauf oftmals eine bessere und frühere Beweglichkeit sowie geringere postoperative Schmerzen (34,35).

Im Gegensatz dazu ersetzt die KTEP das gesamte Femorotibialgelenk. Es besteht zudem die Möglichkeit zusätzlich einen Retropatellarersatz einzubringen, welches in 11,2% der implantierten primären KTEPs im Jahr 2018 in Deutschland erfolgt ist (10). Die KTEP besteht aus einem tibialen und femoralen Anteil sowie einem Inlay. Das Inlay besteht aus abriebfestem Polyethylen und befindet sich zwischen den beiden Metallkomponenten, welche die Tibia und den Femur überziehen (10). Die femorale und tibiale Komponente der KTEP besteht in den meisten Fällen aus einer Metallegierung, wie beispielsweise Chrom-Kobalt-Molybdän (21). Sowohl die Metallkomponenten, als auch das Inlay ist in verschiedenen Größen erhältlich, so dass es individuell auf das Knie des Patienten angepasst werden kann (20).

In Abhängigkeit der Integrität des Bandapparats des Kniegelenks existieren verschiedene Kopplungsgrade einer KTEP. So kann eine KTEP ein ungekoppeltes Design unter Erhalt des hinteren Kreuzbandes oder HKB-ersetzend, ein teilgekoppeltes oder gekoppeltes Design aufweisen (17). Die *CR* (= *cruciate-retaining*, HKB-erhaltend) Variante wird bei Patienten implantiert, die noch ein intaktes HKB vorweisen (17). Ist das hintere Kreuzband nicht mehr intakt, die Kollateralbänder jedoch noch stabil, wird eine posterior stabilisierende (*PS*= *posterior stabilized*, HKB-ersetzend) Prothese empfohlen (17). Die interkondylär stabilisierende KTEP (*CCK*= *condylar-constrained*, teilgekoppelt) oder gekoppelte KTEP wird bei Patienten verwendet, die eine mittel- bis höhergradige Kollateralbandinstabilität aufweisen (17). In Deutschland wurden in 95,4% der Fälle eine ungekoppelte KTEP verbaut, wohingegen nur 4,2% der primären KTEP gekoppelt implantiert wurden (10).

Für die Verankerung der KTEP stehen verschiedene Verfahren zur Verfügung. Am häufigsten werden zementierte Prothesen verwendet. 93,2% der primären KTEP und 87% der unikondylären Prothesen wurden im Jahr 2018 zementiert (10). Die KTEP wird hierbei mit einem Zement aus Polymethylmetacrylat bestehend im Knochen verankert

(21). Die seltener genutzte zementfreie Implantation der Knieprothese bietet sich vor allem für junge Patienten an, bei welchen ein Prothesenwechsel in der Zukunft wahrscheinlich ist, da bei dieser Verankerung weniger Knochenmaterial verloren geht (21,36). Bei höheren Kopplungsgraden oder unzureichender gelenknaher Knochenqualität, auch bei Knochenverlusten oder Achsabweichungen, kann eine KTEP mit einem *Stem* versehen sein, welche sowohl auf der tibialen als auch auf der femoralen Gelenkfläche eingebracht werden kann (Abb. 1).

Die Lebensdauer einer KTEP (=“Standzeit“) hängt von verschiedenen Aspekten ab und ist daher nur ungefähr zu bestimmen. Es spielen das verwendete KTEP Modell sowie individuelle Faktoren des Patienten in die Lebensdauer einer Prothese ein (17). Insbesondere bei Patienten, die einen sehr aktiven Lebensstil pflegen ist davon auszugehen, dass die Lebensdauer der Prothese aufgrund der höheren Belastung verkürzt ist (37,38). Zum anderen kann ein erhöhtes Körpergewicht ebenfalls zu einer stärkeren Belastung und früheren Verschleiß der Prothese führen (37,39). Heutzutage halten KTEP im Durchschnitt ungefähr 25 Jahre bis ein Prothesenwechsel aufgrund einer Komponentenlockerung oder Materialverschleiß notwendig wird (40).

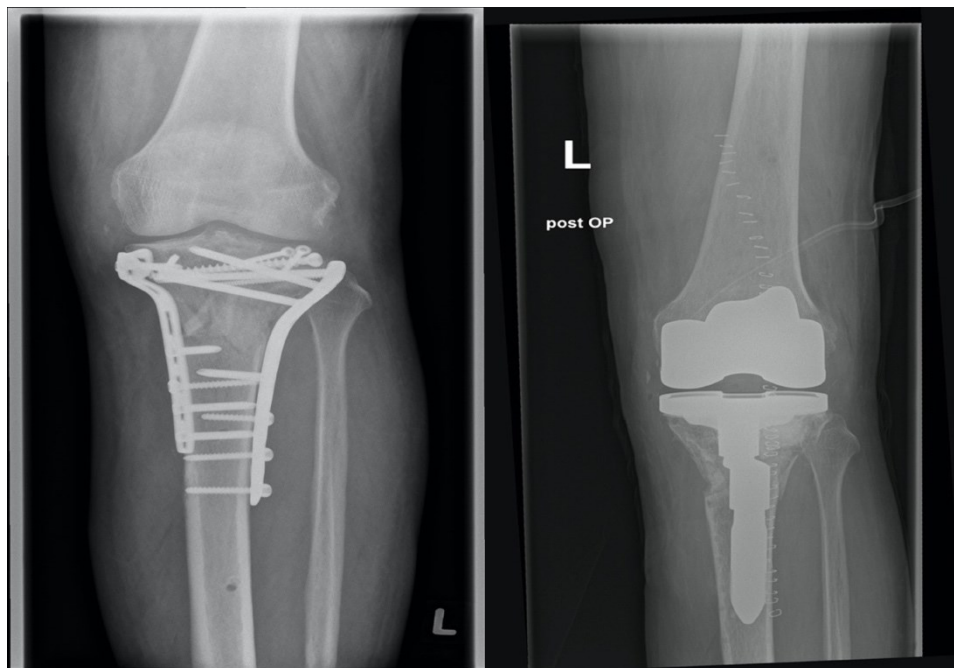


Abb. 1 Röntgenbilder von Studienpatient vor und nach KTEP

Posttraumatische Gonarthrose bei mittels Doppelplattenosteosynthese versorgter Tibiakopffraktur (links)
bei Zustand nach Metallentfernung und Implantation einer zementierten KTEP mit Teilkopplung und
tibialen Stem (rechts).

1.3.1 Operatives Verfahren

Die Lagerung des Patienten sollte eine Extension und Flexion im betroffenen Knie intraoperativ ermöglichen, um eine ausreichende Exposition zu erzielen und die korrekte Lage der KTEP intraoperativ überprüfen zu können (17). Eine Blutsperre am Oberschenkel kann fakultativ verwendet werden. Nach erfolgter präoperativer intravenöser Antibiotikumprophylaxe erfolgt der Standardzugang zum Operationsgebiet über eine anteromediale parapatellaren Arthrotomie. Nach erfolgter Präparation des Zugangsweges erfolgen die Sägeschnitte an der Tibia und am Femur (20). Jeder Hersteller einer KTEP bietet auf seine Prothesentypen abgestimmte Schnittblöcke an, so dass eine passgenaue Implantation der KTEP gegeben ist. Nach Überprüfung der korrekten Implantatlage und -größe erfolgt die definitive Implantation der Originalkomponenten, in der Regel als Zementierung. Wunddrainagen können bei Bedarf eingelegt werden. Es folgt die Kapselnaht und der schichtweise Wundverschluss des Operationssitus. Der operative Eingriff endet mit dem sterilen Wundverband.

1.3.2 Nachbehandlung

Der klinische Erfolg einer KTEP hängt entscheidend von einer adäquaten Rehabilitation und der postoperativen Nachbehandlung und einer adäquaten Rehabilitation ab (17,41). Eine adäquate postoperative Analgesie schafft die Voraussetzungen für eine frühzeitige Mobilisation und bildet somit die Voraussetzung für ein positives Outcome (6,14,15). Die KTEP ist üblicherweise übungs- und belastungsstabil, so dass die Rehabilitation bereits am ersten postoperativen Tag starten sollte (17). Eine wichtige Säule im Rahmen der postoperativen Betreuung nimmt die Physiotherapie ein. Zusätzlich sollen die Patienten postoperativ mit einer *Continuous Passive Motion (CPM)* Schiene versorgt werden (17). Eine frühzeitige, zielgerichtete Rehabilitation verhindert Beugekontrakturen und Streckungsdefizite und sichert so das *Outcome* der KTEP (6). Es wird eine Thromboembolieprophylaxe bis zum 35. Tag postoperativ empfohlen, da das Thromboserisiko nach einer KTEP Implantation auch postoperativ über einen längeren Zeitraum erhöht ist (42).

1.3.3 Komplikationen

Wie bei allen operativen Eingriffen besteht auch bei der Implantation einer KTEP ein allgemeines Operationsrisiko. Bei primären KTEP betrug die allgemeine Komplikationsrate 1,40%, bei Wechseloperationen steigt dieses Risiko auf 3,24% (2).

Dazu zählen unter anderem das Narkoserisiko, Thrombosen oder Embolien, lokale oder systemische Infektionen, Gefäß- und Nervenverletzungen (17,43). Zudem kann es intraoperativ zu Frakturen oder Materialbrüchen kommen. Die Prothese kann sich mit der Zeit lockern, so dass eine Wechseloperation im weiteren Verlauf erforderlich wird (17,21). Insbesondere junge Patienten sind von einer solchen Wechseloperation betroffen (37). Zudem besteht das Risiko, dass es im postoperativen Heilungsverlauf nicht zu einer gewünschten Reduktion der Knieschmerzen kommt und die Patienten chronische Schmerzen nach einer KTEP entwickeln können (44–46).

Bei Patienten, die von einer posttraumatischen Gonarthrose betroffen sind, ist das Risiko für nachfolgende Komplikationen im Vergleich zur KTEP bei primärer Gonarthrose erhöht (4,5,20,31). Das betroffene Kniegelenk ist dabei oftmals bereits voroperiert (5,10,28). Die Zufriedenheit dieser Gruppe mit der Implantation einer KTEP hängt maßgeblich von der postoperativen Schmerzreduktion und der gewonnenen Bewegungsfreiheit ab (33,45,47). Es zeigt sich, dass sich die Gruppe der eher jüngeren Patienten mit posttraumatischer Gonarthrose sich häufiger Wechseloperationen im weiteren Verlauf bei insgesamt kürzeren Standzeiten unterziehen muss (5).

Eine korrekte klinisch und radiologisch gesicherte Diagnose der Schwere der Arthrose, realistische Erwartungen an das Operationsergebnis, eine adäquate postoperative Rehabilitation, die Analgesie und die soziale Unterstützung des Patienten können erwiesenermaßen die allgemeine Zufriedenheit der Patienten mit der Prothesenversorgung steigern (7,41,48–52). Nach aktueller Datenlage sind bis zu 20% der Patienten nach KTEP Implantation unzufrieden mit dem Operationsergebnis (47,53,54).

1.4 Schmerz

Laut der Definition der *International Association for the Study of Pain (IASP)*, wird der Schmerz als eine unangenehme Sinnesempfindung definiert, welche mit einer körperlichen Schädigung oder einer als körperliche Schädigung empfundene Sinnesempfindung beschrieben wird (55–57).

Demnach handelt es sich bei Schmerzen, um eine subjektive Wahrnehmung des Patienten, wobei es keine Rolle spielt, ob der beschriebene Schmerz objektiv nachzuvollziehen ist (18,56). Zudem handelt sich um ein multifaktorielles Ereignis welches oftmals als Symptom verschiedener Krankheiten fungiert (21,58). Der sozioökonomische Status, das Alter und die psychische Verfassung eines Patienten haben einen Einfluss auf das individuelle Schmerzempfinden (59). Evolutionär sollten Schmerzen den Menschen vor Gefahr schützen, so dass Schmerzen einen wichtigen Beitrag zur Überlebensfunktion des Menschen beitragen (56,60,61).

Jeder Patient hat einen Anspruch auf eine adäquate Analgesie (57). Die *World Health Organization (WHO)* aktualisierte 1996 ein Stufenschema zur Therapie von Schmerzen, was die Grundlage der aktuell verwendeten Schmerzkonzepte bildet und auf die sich die Arzneimittelkommission in ihren Empfehlungen stützt (57,62). Es besteht aus insgesamt drei Stufen, welche eine medikamentöse Therapie mittels Nicht-Opioide Analgetika (NOA) und Opioiden einbeziehen und daneben in Abhängigkeit der Symptome auf Koanalgetika und Adjuvanzen zurückgreift (57). Der Abb. 2 ist das Stufenschema zu entnehmen.

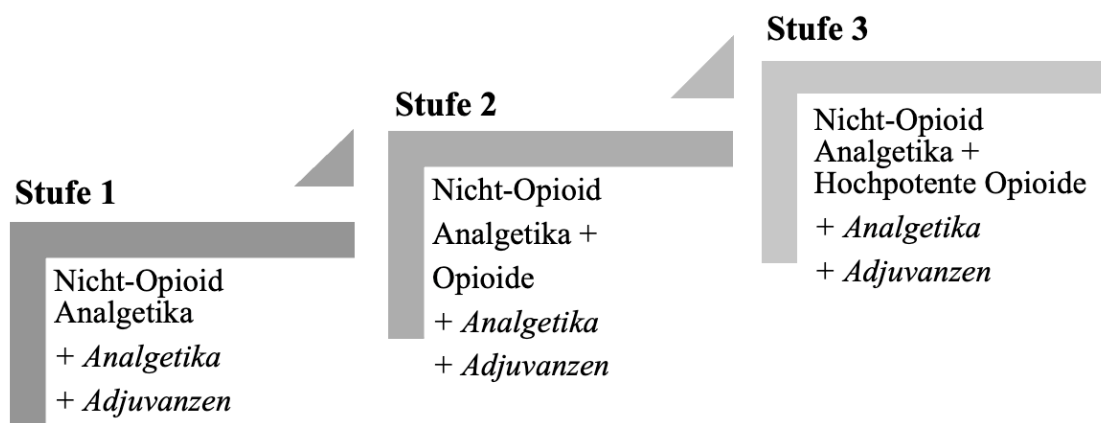


Abb. 2 Modifizierte Abbildung zum WHO Schmerzschema (57,62)

Das Schmerzschema setzt sich aus drei Stufen zusammen. Bei leichten Schmerzen wird die Therapie analog zur Stufe eins durchgeführt. Analog dazu folgt eine Therapie bei stärkeren und stärksten Schmerzen der Stufen zwei und drei.

Um eine adäquate Analgesie zu gewährleisten, ist es sinnvoll die Schmerzen zu objektivieren. Eine etablierte Möglichkeit bildet die visuelle Analogskala (VAS), welche im klinischen Alltag einen guten Indikator für die individuellen Schmerzen abbildet (11,46,57).

1.4.1 Nozizeptiver Schmerz

Der periphere, objektiv eruierbare Schmerz wird über das nozizeptive System übertragen (60). Auf körperlicher Ebene können der nozizeptiven und der neuropathische Schmerz voneinander unterschieden werden (18,55). An der Schmerzweiterleitung über das nozizeptive System sind das periphere Nervensystem (PNS) sowie das zentrale Nervensystem (ZNS) beteiligt (60).

Der Aktivierung von Nozizeptoren kann eine exogene oder endogene Sensibilisierung vorausgehen (55). Dabei kann es durch einen mechanischen, chemischen oder einen thermischen Reiz zu der Initiierung der Nozizeptoren kommen (57,62). Entzündungsmediatoren wie Bradykinin und Prostaglandine oder Pruritogene, wie beispielsweise Histamin, können ebenfalls die Nozizeptoren aktivieren und die nozizeptive Schmerzentstehung einleiten (60).

Viele der peripheren nozizeptiven Fasern enthalten Neuropeptide, wie beispielsweise Substanz P oder Somatostatin (60). Durch einen Reiz der afferenten nozizeptiven Fasern können diese Neuropeptide, wie Substanz P oder Somatostatin, freigesetzt werden und eine lokale periphere neurogene Entzündung initiieren, welche beispielsweise mit Ödemen oder einer gesteigerten Durchblutung einhergehen (60).

Über die freien Nervenendigungen der Nozizeptoren werden die peripheren Reize an das ZNS weitergeleitet (57). Ein Reiz löst dabei eine Reaktion an freien Nervenendigungen der nicht-myelinisierte C-Fasern und der A δ Fasern aus (18,60). Diese Nervenendigungen sind polymodal und übertragen somit verschiedene Sinnesidentitäten (61,63). Die nicht-myelinisierten C-Fasern leiten mit 0,4 bis 1,8 Meter pro Sekunde (m/s) und übertragen ein Hitzeempfinden und präsentieren eine brennende Schmerzqualität (61). Die A δ Fasern leiten mit 2 bis 33 m/s deutlich schneller und übertragen einen stechenden

Schmerz (18,57). Ebenso tragen die A δ Fasern einen Anteil zum Kälteempfinden bei (18,61).

Von den peripheren Fasern wird die Reizübertragung danach durch das Spinalganglion, welches als erstes Neuron fungiert, zum Spinalnerv und schließlich zur Substantia grisea des Hinterhorns geleitet (57). Von dort laufen die afferenten Fasern in die graue Substanz des Hinterhorn, wo die erste Umschaltung des synaptischen Reizes stattfindet (57). Nach Rexed wird diese graue Substanz, welche die Synapsen enthält in Laminae unterteilt (64). Im Rahmen der Nozizeption spielen die Laminae I, II, IV-VI eine entscheidende Rolle (18,57).

Der Tractus spinothalamicus lateralis, welcher seinen Ursprung in den Laminae I, IV-VI hat, bildet die Hauptachse zur höheren Weiterleitung (57). Daneben übernimmt der Tractus spinoreticularis ebenfalls einen Teil der Schmerzweiterleitung (18).

Der Tractus spinomesencephalicus und spinoparabrachialis bilden ebenfalls einen Anteil an der Reizweiterleitung wobei diese allerdings im Mesencephalon enden (18). Es wird davon ausgegangen, dass der Zielpunkt dieses Weges wahrscheinlich das limbische System darstellt (18). Vom Tractus spinoreticularis Tractus spinothalamicus gelangt die Information in den Thalamus und in die Formatio reticularis, wo die Information weiter verarbeitet und umgeschaltet wird, um schließlich in den Kortex weiter geleitet zu werden (18,57).

Die Areale in denen Schmerz wahrgenommen werden, befinden sich im präfrontalen Kortex, die Amygdala, der Hippocampus, der Inselregion und dem Gyrus cinguli (18,57,65).

Die Analgesie von nozizeptiven Schmerzen wird durch eine Unterbrechung der Schmerzleitung erzielt (57). Die Therapie der nozizeptiven Schmerzen orientiert sich an dem zuvor beschriebenen WHO Stufenschema zur Schmerztherapie. Dafür stehen verschiedene medikamentöse Wirkstoffe, beispielsweise Opioide wie Morphin und Nichtsteroidale Antirheumatika (NSAR) wie Ibuprofen oder Diclofenac, zur Verfügung (57).

1.4.2 Neuropathischer Schmerz

Der neuropathische Schmerz ist analog zum nozizeptiven Schmerz ebenfalls ein individuelles, mehrdimensionales Ereignis. Bis zu 10% der Bevölkerung leidet unter neuropathischen Schmerzen (66).

Ein neuropathischer Schmerz wird durch eine Verletzung von peripheren Nerven, des ZNS oder der Hinterwurzel des Rückenmarks ausgelöst, wie sie beispielsweise im Rahmen eines operativen Eingriffs entstehen können. Daneben können neuropathische Schmerzen auch als Reaktion auf eine Verletzung des somatosensorischen System auftreten (18,61,62). In Folge des Traumas kommt es zu einem Funktionsverlust des betroffenen Nervs, woraus sich eine temporäre oder dauerhaft fehlerhafte Verarbeitung der afferenten Signale entwickelt (57,62). Daraus folgt eine Missempfindung, die sich als eine Hyperalgesie oder Allodynie klinisch präsentieren kann (62). Daneben kann es auch zu einem kompletten Sensibilitätsverlust kommen (57).

Betroffenen Patienten beschreiben den Schmerzcharakter als einschießende Schmerzen oder einen brennenden dauerhaftanhaltenden Schmerz (62).

Der neuropathische Schmerz trägt einen entscheidenden Anteil an der Entstehung von chronischen Schmerzen bei (52,61). Im Kapitel 1.4.4 gehe ich detaillierter auf die Entstehung chronischer Schmerzen ein. Aufgrund dessen ist eine komplexe mehrdimensionale Therapie, die sich vor allem an dem klinischen Bild der Schmerzen des betroffenen Patienten orientiert, indiziert (57,66). Neben klinischen Interventionen wie einer Nervenstimulation oder Nervenblockade, sowie psychologischer Betreuung stehen verschiedene medikamentöse Wirkstoffe zur Verfügung (66).

Da bei neuropathischen Schmerzen eine zentrale Sensibilisierung vorliegt, wird in der Therapie, anders als bei nozizeptiven Schmerz nicht auf periphere Analgetika zurückgegriffen (62). Bei spontanen einschießenden Schmerzen wird eine Therapie mittels Antikonvulsiva wie beispielsweise Pregabalin oder Gabapentin empfohlen, wohingegen bei Dauerschmerzen eine Therapie mittels Antidepressiva, wie beispielsweise Amitriptylin oder Duloxetin den größten Erfolg bietet (57,61,62).

1.4.3 Postoperativer Schmerz

Postoperativer Schmerz betrifft den Zeitraum nach einem operativen Eingriff bis zu drei Monate postoperativ (46). Der postoperative Schmerz wird durch verschiedene Faktoren

beeinflusst, wodurch sich ein individueller und dementsprechend nicht vorhersehbarer Charakter abzeichnet (57,58).

Sowohl die Länge als auch die Art der Operation können Einfluss auf die postoperativen Schmerzen haben (52). Dabei zählen orthopädische Eingriffe als hoher Prädiktor für einen postoperativen Schmerz (14). Zudem zeigen Patienten mit bereits präoperativen Schmerzen eine höhere Prävalenz für einen postoperativen Schmerz (52).

Eine adäquate Therapie der postoperativen Schmerzen ist ein entscheidender Baustein der Rehabilitationsphase (14). So zeigt sich, dass Patienten die postoperativ unter leichten Schmerzen leiden, schneller aus der stationären Behandlung entlassen werden und insgesamt zufriedener mit dem Operationsergebnis sind (7,57).

Insbesondere bei KTEP ist eine optimale postoperative Analgesie zur Vermeidung von postoperativen Schmerzen und zur Sicherung des Operationserfolgs zwingend erforderlich (11).

1.4.4 Chronischer Schmerz

Schmerzen die über mehr als drei bis sechs Monate nach Therapieende bestehen, werden definiert als chronische Schmerzen (67,68). In Europa leiden 19% der Erwachsenen unter chronischen Schmerzen wobei Frauen häufiger als Männer betroffen sind (59,69,70).

Auf ein chronisches Schmerzsyndrom haben verschiedenste Faktoren Einfluss, so dass eine individuelle und interdisziplinäre Therapie erforderlich ist (11,58,62). Es zeigt sich, dass bestimmte Risikofaktoren die Wahrscheinlichkeit erhöhen ein chronisches Schmerzsyndrom zu entwickeln. Dazu zählen neben psychischen Erkrankungen, ein jüngeres Lebensalter der Patienten und Stress (1,52,67). Patienten, die unter einem starken postoperativen Schmerz leiden, weisen ein erhöhtes Risiko auf, ein chronisches Schmerzsyndrom im Verlauf zu entwickeln (57,70,71). Dies kann durch verschiedene Faktoren begünstigt werden, wie beispielsweise psychische Erkrankungen, ein jüngeres Lebensalter der Patienten und Stress (67).

Patienten, die unter chronischen Schmerzen leiden, geben generell eine geringere Lebensqualität an und es zeigt sich, dass dies einen Einfluss auf das private und berufliche Umfeld hat (1,11,59,69).

Nach Erstimplantationen von KTEP leiden je nach Studie rund 20 bis 30% der Patienten unter chronischen Schmerzen (1,46,72). Hier zeigt sich, dass präoperative Angstzustände

oder postoperativ nicht erfüllte Erwartungen dauerhaften Schmerz nach Knieprothesen negativ beeinflussen können (73,74). Der *chronic postsurgical pain* bildet eine Untergruppe. Es handelt sich hierbei um einen Schmerz, der länger als 3 Monate nach einem chirurgischen Eingriff besteht (75).

Patienten, die bereits präoperativ unter Schmerzen litten, sowie junge Patienten haben ein erhöhtes Risiko an einem *chronic postsurgical pain* zu erkranken. Studien zeigten, dass 10%-30% der Patienten unter einem *chronic postsurgical syndrom* nach operativen Eingriffen leiden, was eine reduzierte Lebensqualität zur Folge haben kann. Die Therapie dieser Schmerzen gestaltet sich komplex. Durch eine intensive und teure Therapie und auch vor dem Hintergrund der mehrdimensionalen Einschränkungen der Patienten und der damit entstehenden Kosten für das Gesundheitssystem ist eine Prävention des *chronic postsurgical pain* von entscheidender Bedeutung (76).

1.5 Postoperative Analgesieverfahren

Eine adäquate postoperative Analgesie ist unabdingbar, um das Operationsergebnis zu sichern und das Risiko einer möglichen Chronifizierung von postoperativen Schmerzen entgegenzuwirken (6,17,41,77). Bei bis zu 75% der Patienten, die sich einer Knieprothesenversorgung unterzogen, zeigten sich die meisten mittleren bis starken Schmerzen in den ersten drei postoperativen Tagen (15,78). Zur postoperativen Analgesie gibt es die Möglichkeit auf lokale, regionale sowie systemische Analgesien zurückzugreifen (13,57). Im postoperativen Verlauf ist eine regelmäßige Erhebung der Schmerzen wichtig, da diese Verfahren die Möglichkeit bei ungenügender Analgesie bieten, zusätzlich durch Rescue Analgesie in Form von oralen NOA oder Opioiden ergänzt zu werden (11).

1.5.1 Patientenkontrollierte Analgesie

Die Patienten kontrollierte Analgesie (*patient-controlled analgesia, PCA*), ist ein etabliertes Verfahren in der systemischen Analgesie von Patienten. Es wird häufig auch zur postoperativen Analgesie nach KTEP eingesetzt. Ein wichtiger Baustein der *PCA* Therapie zielt auf die Subjektivität von Schmerzen ab, da die Patienten bei der *PCA* die Möglichkeit haben individuell über ihre Analgesie zu bestimmen (57).

Die *PCA* kann sowohl als orale als auch als intravenöse Therapie angelegt werden (57). Da das Opioid bei der oralen Variante durch die enterale Kinetik langsamer seine

Wirkung entfaltet, bietet sich dieses Verfahren nicht für die primäre postoperative Phase an, in der eine schnelle Analgesie das Ziel ist, sondern wird zum Ausschleichen einer *patient-controlled intravenous analgesia (PCIA)* genutzt (57). Bei der *PCIA* bekommt der Patient durch einen peripheren venösen Zugang ein Opioid verabreicht, welches durch einen Perfusor verabreicht wird (57). Über eine basale Flussrate hinaus besteht die Möglichkeit der Verabreichung eines Bolus mit einer Sperre zur Vermeidung einer Überdosierung.

Bei beiden Systemen wird die Dosierung individuell in Abhängigkeit von Risiken und Nebenerkrankungen angepasst (57). In Deutschland werden häufig Piritramid, Tramadol oder Morphin für die *PCA* verwendet (57). Wie bei allen Therapien, welche sich auf Opioide stützen, besteht auch bei der *PCA* das Risiko von Übelkeit, Erbrechen bis hin zu Atemdepressionen. Diese Risiken können durch eine exakte individuelle Anpassung der Einzeldosen und Boli verringert werden. Bevorzugt werden dabei häufigere Einzeldosen anstatt hohe einmalige Bolusgaben (57).

Bei Patienten, die eine Suchterkrankung oder eine Opioid Abhängigkeit in ihrer Anamnese vorweisen, ist der Einsatz einer *PCA* genau zu prüfen (57)

1.5.2 Lokalanästhesie

Die lokale Anästhesie ist eine weitere Möglichkeit zur Behandlung von postoperativen Schmerzen. Durch die Verwendung von Lokalanästhesien kommt es zu einer vorübergehenden reversiblen Herabsetzung der Erregungspotentialen an peripheren Nervenendigungen und damit zum Unterbinden der Schmerzentstehung (13,57).

Bei Implantationen von KTEP besteht die Möglichkeit intraoperativ ein Lokalanästhetikum periartikulär zu injizieren (*local infiltration analgesia, LIA*) (15). Die periartikuläre Injektion kann bei Bedarf in Kombination mit anderen postoperativen Analgesieverfahren angewendet werden. Gängige Lokalanästhetika sind Lidocain oder Ropivacain (13). Ropivacain kommt hier eine besondere Bedeutung zu, da es nur eine geringe Blockade an den motorischen Bahnen hervorruft und so eine frühe postoperative Rehabilitation unterstützt (79). Bei der Verwendung von Lokalanästhetika besteht das Risiko von Allergien oder lokalen Entzündungsreaktionen im Bereich des Punktionsgebiets. Daher ist ein steriles Arbeiten und eine langsame Applikation des Lokalanästhetikums angezeigt (13). Es zeigt sich, dass die *LIA* den Bedarf an *PCIA* deutlich senken können (15).

In Deutschland gewinnt der *Fast-Track* Ansatz nach einer KTEP oder HTEP zunehmend an Bedeutung. Ziel dieser Versorgung sind kürzere stationäre Aufenthalte und geringere Kosten für das Gesundheitssystem (80). Damit eine *Fast-Track*-Endoprothesenimplantation erfolgreich ist, spielen ein niedriger postoperativer Schmerz und eine rasche postoperative Mobilisation eine wichtige Rolle, so dass die LIA hier eine wichtige Voraussetzung schafft (81,82).

1.5.3 Intraartikulärer Katheter

Der Intraartikuläre Katheter (IAK) ist ein Verfahren, das auf einer lokalen Analgesie beruht und im Rahmen einer postoperativen analgetischen Behandlung zum Einsatz kommt. Die kurze Wirkdauer der LIA soll durch die kontinuierliche intraartikuläre Applikation des IAK behoben werden. Es kann sowohl ein Opioid, als auch ein Lokalanästhetikum oder eine Kombination beider Medikamentenklassen kontinuierlich über den Katheter in und an das betroffene Gelenk appliziert werden (61). In Studien konnte gezeigt werden, dass insbesondere eine Kombination eines Opioids mit einem Lokalanästhetikum zu einer gewünschten Reduktion der postoperativen Schmerzen beiträgt (61,83).

Nach Einbringen der Endoprothesenkomponenten wird durch den Chirurgen ein Katheter direkt in das Kniegelenk an die Gelenkkapsel eingelegt und mit einer elastomeren Infusionspumpe, welche sich außerhalb des Körpers befindet, verbunden (84). Über dieses Pumpensystem wird eine kontinuierliche Abgabe der Analgetika in und an das betroffene Kniegelenk sichergestellt (84). Trotz der simplen Kathetereinlage birgt dieses Verfahren einige relevante Risiken. Einerseits kann es unter der Behandlung mit einem IAK zu kreislaurelevanten Nebenwirkungen kommen und erfordert dementsprechend eine regelmäßige klinische Kontrolle des Patienten (61). Andererseits besteht eine erhöhte Infektionsgefahr durch den eingebrachten Katheter, so dass ein besonderes Augenmerk auf die postoperative Wundversorgung gelegt werden muss (79).

Trotz der relevanten Risiken handelt es sich bei dem IAK um ein vielversprechendes Verfahren zur Therapie von postoperativen Schmerzen nach KTEP. Durch eine korrekte Katheteranlage kann eine Reduktion der postoperativen Schmerzen erzielt werden, welche ihrerseits eine frühe Mobilisation des Kniegelenks möglich machen und insgesamt zu einer kurzen Hospitalisierungsdauer führen (84–86).

1.5.4 Nervenblockade

Die Blockierung des Nervus femoralis und/oder des Nervus ischiadicus zählen zu den regionalen Anästhesieverfahren. Der Nervus femoralis Katheter (NFK) und der Nervus ischiadicus Katheter (NIK) bieten sich ebenfalls zur Behandlung von postoperativen Schmerzen nach KTEP an, da diese Verfahren relativ einfach durchzuführen sind und nur niedrige Komplikationsraten zeigen (61,77,84,87). Zudem gelingt Patienten, welche mit einer Nervenblockade behandelt wurden, eine frühe Rehabilitation gepaart mit einem geringerem Opioid-Bedarf (11,77,88).

Einige Autoren konnten zeigen, dass in einigen Fällen eine alleinige Blockade N. femoralis nach KTEP-Implantation nicht ausreichend ist, so dass eine zusätzliche Blockade des N. Ischiadicus zur postoperativen Analgesie erforderlich wird (61,78).

Die Blockade des N. femoralis und ischiadicus kann grundsätzlich als *Single-Shot* Verfahren oder kontinuierlich über einen Katheter mit Infusionspumpe erfolgen. Das *Single-Shot* Verfahren zeigt eine geringere Infektionsgefahr, wohingegen die Nervenblockade mittels Katheter besser zu steuern ist und eine längere Wirkung zeigt.

Bei der Blockade des peripheren Nervs wird meistens unter Hilfe sonographischer und unter Nervenstimulator Kontrollen der N. Ischiadicus beziehungsweise N. femoralis aufgesucht und ein Katheter eingeführt (57,61). Über diesen Katheter wird mithilfe einer Pumpe das Lokalanästhetikum, wie beispielsweise Ropivacain, verabreicht und so der Nerv reversibel blockiert (13,57). Um das Risiko von Infektionen zu vermeiden ist ein steriles Arbeiten Grundvoraussetzung (13).

1.6 Ziel der Arbeit

Ziel dieser Studie war ein Vergleich der Wirksamkeit der drei Analgesieverfahren *PCIA*, NFK/NIK und IAK unter Berücksichtigung der additiven oralen Rescue-Analgetika in der Behandlung von frühen postoperativen Schmerzen nach Implantation einer KTEP bei posttraumatischer Gonarthrose. Die Studienpopulation umfasste n=90 Personen, die aufgrund einer posttraumatischen Gonarthrose eine KTEP Implantation Juli 2016 bis Februar 2020 im Studienzentrum BG Klinikum Duisburg erhielten.

Der Behandlungserfolg wurde anhand von unterschiedlichen Variablen präoperativ (T0), an den ersten fünf postoperativen Tagen (T1 bis T5) und zum Entlassungszeitpunkt (T6) erhoben. Gemessen wurde der Einfluss des jeweiligen Analgesieverfahrens auf die postoperativen Schmerzen, die postoperative Mobilität und die Kniegelenksfunktion.

Zusätzlich wurde der Bedarf an *Rescue*-Analgetika bei den drei Analgesieverfahren miteinander verglichen.

Das Primärziel dieser Studie bestand darin einen Vergleich der Schmerzreduktion nach Implantation einer KTEP bei posttraumatischer Gonarthrose durch Analgesie mittels PCIA, NFK/NIK und IAK in der direkten postoperativen Phase durchzuführen. Die Sekundärziele im Rahmen dieser Studie bestanden darin, den Einfluss des gewählten Verfahrens auf die postoperative Kniegelenksfunktion, Mobilität, die Punktzahl im KSS, *Rescue*-Analgetika, allgemeine Zufriedenheit mit der operativen Behandlung zu untersuchen.

Es wurden zu Studienbeginn aufbauend auf den genannten Ausführungen folgende Hypothesen formuliert:

- Eines der gewählten postoperativen Analgesieverfahren ist hinsichtlich der Schmerzreduktion in der postoperativen Phase den beiden anderen untersuchten Analgesieverfahren überlegen.
- Eines der drei Analgesieverfahren führt zu einer signifikant verbesserten postoperativen Kniegelenksfunktion und Mobilität des Patienten sowie einer höheren Punktzahl im KSS.
- Der Bedarf an *Rescue*-Analgetika ist durch die postoperative Analgesie mit einem der drei untersuchten Verfahren deutlich herabgesetzt.
- Die allgemeine Zufriedenheit der Patienten mit der Behandlung mittels posttraumatischer KTEP ist bei einem der drei postoperativen Analgesieverfahren deutlich erhöht.

Durch die Auswertung der in dieser Studie erhobenen Daten und unter Berücksichtigung der aktuellen Literatur, sollten Hinweise für das am besten geeigneten Verfahren zur postoperativen Analgesie nach KTEP beim „schwierigen“ Kollektiv der posttraumatischen Gonarthrosen gefunden werden. Im Rahmen der erhobenen Ergebnisse sollen Empfehlungen zur postoperativen Analgesie für dieses spezielle Patientenklientel ausgesprochen werden.

2 Material und Methoden

2.1 Studiendesign

Die Daten dieser Arbeit wurden in einer prospektiven, monozentrischen, randomisierten klinischen Studie am Studienzentrum BG Klinikum Duisburg gewonnen. Sie wurde unter dem Titel „Postoperative Analgesie nach Implantation von Knie-Totalendoprothesen bei posttraumatischer Gonarthrose – *patient-controlled intravenous analgesia* (PCIA) *versus* Nervus femoralis/ ischiadicus Katheter (NFK/NIK) *versus* intraartikuläre Katheter (IAK)“ am 28.07.2017 im Register für klinische Studien registriert (DRKS00012500).

Das benötigte Ethikvotum wurde am 03.05.2016 durch die Universität Witten/Herdecke erteilt, die Ethiknummer lautete: 19/2016.

Alle Untersuchungen wurden unter Beachtung der Deklaration von Helsinki durchgeführt. Von allen Probanden lag eine schriftliche Einverständniserklärung zur Teilnahme an dieser Studie vor.

2.2 Patientenkollektiv

Das Patientenkollektiv wurde am BG Klinikum Duisburg erhoben. Die Patienten wurden im Zeitraum von Juli 2016 bis Februar 2020 in die Studie eingeschlossen und litten klinisch und radiologisch an einer posttraumatischen Gonarthrose nach vorangegangener knöcherner und /oder ligamentärer Kniegelenkverletzung, so dass die Indikation zur operativen Versorgung mittels KTEP gestellt wurde. Es wurden insgesamt n=90 Patienten in die Studie eingeschlossen.

2.3 Studienablauf

2.3.1 Randomisierung

Die Probanden, welche die Einschlusskriterien für diese Studie erfüllten, wurden über die Sprechstunde für Endoprothetik und Screening des Operationsplans identifiziert. Die Patienten, wurden im Rahmen des präoperativen Aufnahmegesprächs über die Möglichkeit zur Studienteilnahme informiert. Die Studienteilnahme erfolgte freiwillig. Den Patienten wurden das Ziel, die möglichen Risiken sowie der Ablauf dieser Studie ausführlich erläutert. Ebenso wurden die Patienten über die Maßnahmen zur Einhaltung des Datenschutzes aufgeklärt. Jeder Proband erhielt eine Kopie der Patienteninformation,

seiner Einverständniserklärung und der Einwilligung zur Verwendung seiner anonymisierten Daten (vgl. Anhang 1,2). Bei erteilter Einwilligung in die Studienteilnahme, wurde dem Patienten ein randomisierter, verschlossener Umschlag mit einem der drei zu vergleichenden Analgesieverfahren zugeteilt. Über die Studienteilnahme wurden der Operateur, der Stationsarzt sowie der zuständige Anästhesist informiert. Der Anästhesist klärte den Patienten umfassend über die Verfahren NFK/NIK und *PCIA* auf. Die Aufklärung über den IAK erfolgte durch den Unfallchirurgischen Stationsarzt im Rahmen der Operationsaufklärung für die Endoprothese.

2.3.2 Untersuchungszeitpunkte

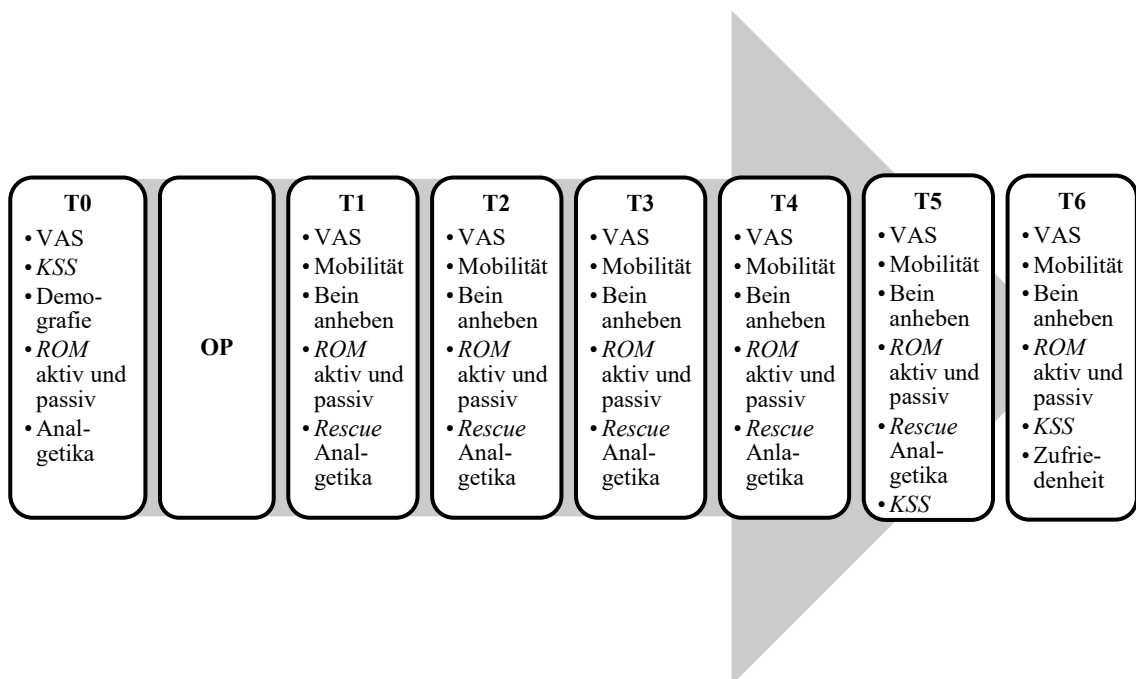


Abb. 3 Untersuchungszeitpunkte

Selbsterstellte Abbildung zu den Untersuchungszeitpunkten im Rahmen dieser Studie mit den jeweiligen erhobenen Kontrollparametern.

In der Abb. 3 wird der zeitliche Ablauf dieser Studie dargestellt. Die Studienteilnehmer wurden zu sieben festen Zeitpunkten T0 bis T6 untersucht. Am Tag vor der Operation (OP) erfolgte die Untersuchung zum Zeitpunkt T0, hier wurde ein demografisches Formblatt ausgefüllt, welches Angaben zu Vorerkrankungen, chronischen Schmerzen, Analgetika-Einnahmen und Angaben zum vorrangegangenen Trauma, sowie die Anzahl der Voroperationen erfragte (vgl. Anhang 3). Ebenfalls wurden zum Zeitpunkt T0 die

Schmerzen mittels einer VAS erhoben, sowie die Beweglichkeit des betroffenen Kniegelenks eruiert. Dies geschah mit den Angaben zur passiven und aktiven *Range of Motion (ROM)*, welche mittels Winkelmesser in der Neutral Null Methode untersucht wurden, sowie die Fähigkeit, ob das Bein im ausgestreckten Zustand angehoben werden konnte. Zusätzlich wurde zum Zeitpunkt T0 der KSS erhoben.

Am darauffolgenden Tag erfolgte die operative Implantation der Kniegelenktotalendoprothese.

Am ersten postoperativen Tag erfolgte die Untersuchung zum Zeitpunkt T1. Hier wurde analog zu den postoperativen Tagen zwei bis sechs (T2 bis T6), die VAS, sowie der aktive und passive Bewegungsradius erhoben und untersucht, ob der Patient sein durchgestrecktes Bein gegen die Schwerkraft anheben konnte. Zu den Untersuchungszeitpunkten T1 bis T5 wurde die Einnahme von oralen Bedarfsmedikationen vermerkt. Zum Zeitpunkt T5 und T6 wurde, zusätzlich der KSS erhoben. Zum Zeitpunkt T6 wurde die Zufriedenheit des Patienten mit der operativen und stationären Behandlung erfragt.

2.3.3 Ein- und Ausschlusskriterien für die Studienteilnahme

Patienten, die an einer diagnostizierten posttraumatischen Gonarthrose nach vorangegangener kniegelenksnaher knöcherner und/ oder ligamentärer Verletzung litten und infolgedessen die Indikation zu einer primären Kniegelenktotalendoprothese gestellt wurde, wurden in diese Studie eingeschlossen. Die Probanden mussten zwischen 18 und 90 Jahre alt sein.

Patienten, die an einer primären idiopathischen Gonarthrose litten, wurden nicht in diese Studie eingeschlossen. Ebenso wurden Patienten, die an einer fortgeschrittenen Demenz litten oder eine fehlende *Compliance* zeigten, nicht in diese Studie eingeschlossen.

Eine operative Versorgung mittels unilateraler Schlittenprothese, ein additiver Retropatellarersatz oder einem Femoropatellarersatz waren Ausschlusskriterien zur Studienteilnahme. Daneben wurden Patienten ausgeschlossen, die isolierte Weichteileingriffe oder Teilkomponenten-Wechsel bei einliegender KTEP, eine Tuberositas-Osteotomie oder einen zweizeitigen Wechsel einer KTEP erhielten. Erfolgte postoperativ eine geplante oder ungeplante Aufnahme auf die Intensivstation, konnten diese Patienten ebenfalls nicht für diese Studie rekrutiert werden.

Zu einem Abbruch der Studienteilnahme kam es bei Entzug der Einwilligung für die Studienteilnahme durch den Patienten. Ebenso wurden Patienten im Rahmen der Studie nicht weiter berücksichtigt, wenn diese ungeplant ein anderes, als das ihnen präoperative zugeteilte Analgesieverfahren erhalten hatten.

2.4 Postoperative Nachbehandlung

In dieser Studie wurden die Patienten postoperativ mit einem der drei zu vergleichenden Analgesieverfahren behandelt. Der NFK/NIK wurde präoperativ unter sonografischer und elektrostimulatorischer Kontrolle durch einen Anästhesisten in den Nerv eingebracht. Es wurde der Perfusor© (B.Braun, Melsungen, Deutschland) mit 2%igen Ropivacain nach hausinternem Anästhesiestandard verwendet. Die IAK Anlage erfolgte intraoperativ nach Implantation der KTEP durch den Operateur während der Aushärtung des Knochenzementes. Im Rahmen dieser Studie wurde die Infiltralong Fuser Pump 500© (Pajunk, Norcross, USA) verwendet. Der IAK wurde mit 350 ml 0,2% Ropivacain befüllt und weitere 50 ml intraoperativ zirkulär in die Gelenkkapsel vor dem Weichteilverschluss infiltriert. Die postoperative Flussrate orientierte sich an den Herstellerempfehlungen von 8 ml/Stunde. Sollte die Laufzeit des IAK verlängert werden, so konnte die Laufrate auf 5ml/Stunde reduziert werden.

Bei der *PCIA* wurde präoperativ ein peripherer Venenkatheter durch einen Anästhesisten gelegt. In dieser Studie wurde das CADD© Modell (Smiths Medical, Minneapolis, USA) mit einer Piritramid Lösung verwendet. Die Dosierung und Flussrate richtete sich nach dem hausinternen Anästhesieschema (vgl. Anhang 9).

Während der postoperativen Phase erhielten die Patienten bei Bedarf eine zusätzliche Basis-Analgesie in Abhängigkeit von ihrem gastrointestinalen Risiko und weiteren individuellen Kontraindikationen (vgl. Anhang 9). Ausgehend von der Schmerzintensität konnte der Patient auf *Rescue* Analgetika in Form von NOA oder bei stärkeren Schmerzen Opioide zurückgreifen, die in der Patientenakte dokumentiert wurden.

Der erste postoperative Verbandswechsel und die Entfernung der Redon Drainagen erfolgten bei regelhaftem Verlauf routinemäßig nach 24 Stunden postoperativ. Die postoperative Betreuung des NFK/NIK und der *PCIA* erfolgten einmal täglich durch das Team der Anästhesie. Die postoperative Betreuung des IAK Systems erfolgte einmal täglich durch den unfallchirurgischen Stationsarzt. Am ersten postoperativen Tag begann

die physiotherapeutische Behandlung, im Rahmen dessen der Patient einmal täglich durch die Physiotherapie mobilisiert wurde und zusätzlich eine *CPM* Schiene zur passiven Bewegung des operierten Kniegelenks erhielt. Die PCIA und der NFK/NIK wurden durch einen Anästhesisten täglich kontrolliert und am Morgen des dritten postoperativen Tages pausiert. Der IAK wurde täglich durch einen Unfallchirurgen kontrolliert und am Morgen des dritten postoperativen Tages entfernt.

Eine postoperative Röntgenkontrolle in zwei Ebenen dokumentierte die regelrechte Lage der eingebrachten Endoprothese und die achsgerechte Stellung. Es erfolgten regelmäßige klinische und laborchemische Kontrollen bis zum Entlassungszeitpunkt.

2.5 Prothesenmodelle

Die Studienpatienten erhielten ihre KTEP-Implantation durch zwei erfahrene Hauptoperateure der Abteilung für Unfallchirurgie und Orthopädie des BG Klinikum Duisburg implantiert. Abhängig von der knöchernen und ligamentären posttraumatischen Situation wurden HKB-erhaltende (CR), HKB-ersetzende (PS), teilgekoppelte (CCK, TS) und achsgekoppelte (*rotating-hinge*) Modelle in zementierter Technik implantiert. Ebenfalls abhängig vom Kopplungsgrad und der knöchernen Defektsituation wurden femorale und/oder tibiale Komponente stielgeführt (*Stem*) implantiert. Innerhalb dieser Studie wurden die Prothesenmodelle Triathlon© CR, PS und TS (Stryker, Kalamazoo, USA), die Modelle iTotal© und iDuo© (Conformis, Billerica, USA), die Modelle Legion© und Genesis II© (Smith&Nephew, London, Vereinigtes Königreich), das Modell ATTUNE© (DePuy Synthes, Raynham, USA) und das Modell MUTARS GenuX© (Implantcast, Buxtehude, Deutschland) implantiert.

2.6 Kontrollparameter

2.6.1 VAS

Die VAS ist ein etabliertes Testverfahren zur Messung von Schmerzen (89,90). In dieser Studie wurde die VAS zu den Zeitpunkten T0 bis T6 in Bezug auf den Schmerz während der Bewegung, also während der Physiotherapie, oder unter Verwendung der Motorschiene erhoben. Wie in der Abb. 4 zu sehen ist, war die in dieser Studie

verwendete VAS mit visuellen Hilfsmitteln wie Farben und Smileys gekennzeichnet, die zusätzlich zur Veranschaulichung der Schmerzen beitragen sollten.

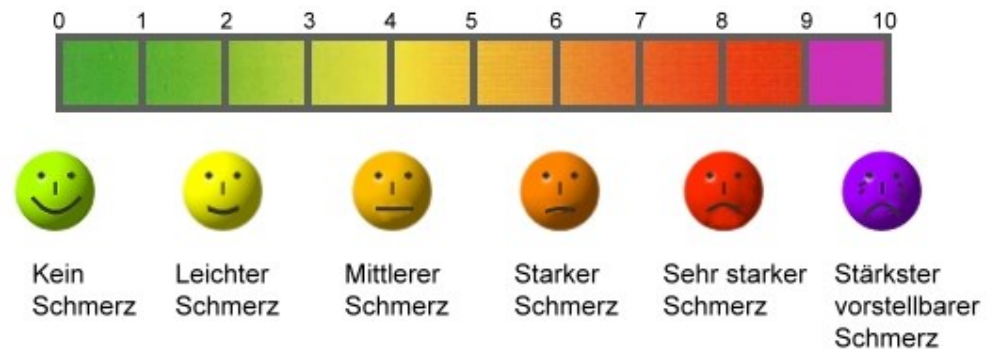


Abb. 4 Visuelle Analog Skala

Diese VAS Abbildung wurde im Rahmen dieser Studie zur Evaluation der Schmerzen verwendet.

2.6.2 Beweglichkeit und Anheben gegen die Schwerkraft

Die Beweglichkeit des Patienten wurde zu den Zeitpunkten T0 bis T6 mithilfe der Neutral Null Methode und eines Goniometers in Grad (°) bestimmt. Der Patient führte zunächst eine aktive Extension und Flexion im betroffenen Kniegelenk durch. Darauf folgten eine passive Extension und Flexion durch den Untersucher. Zusätzlich wurde untersucht, ob der Patient sein operiertes Bein im gestreckten Zustand gegen die Schwerkraft anheben konnte (Kategorien ja/ nein) (vgl. Anhang 6,7,8).

2.6.3 Postoperative Mobilität

Die postoperative Mobilität wurde zu den Untersuchungszeitpunkten T1 bis T6 erhoben. Die Mobilität wurde kategorisch unterteilt in „keine“, „stehen am Bett“, „gehen im Zimmer“, „gehen im Flur“ und „Treppensteigen“. Der Patient gab an welche Art der Mobilität er zu dem Untersuchungszeitpunkt unter Zuhilfenahme von Unterarmgehstützen oder dem Gehwagen durchführen konnte (vgl. Anhang 6,7,8).

2.6.4 Knee Society Score

Der KSS wurde 1989 als klinischer Score zur Objektivierung der Kniegelenksfunktion eingeführt. Er setzte sich aus dem *Knee Score* und dem *Functional Score* zusammen. Der Patient kann im Rahmen des KSS maximal 200 Punkte erreichen (je 100 Punkte pro Sub-Score), was einer optimalen schmerzfreien Bewegung des Kniegelenks entspricht

(91,92). Im Jahr 2012 wurde von Scuderi et al. eine aktualisierte Version des KSS publiziert (91). Aufgrund der Verwendung in der einschlägigen Literatur und besseren Vergleichbarkeit wurde in dieser Studie, die von Insall et al. 1993 modifizierte Originalversion des KSS verwendet (92).

Der *Knee Score* wurde zu den Untersuchungszeitpunkten T0, T5 und T6 erhoben. Zu den Zeitpunkten T0 und T6 wurde durch standardisierte prä- und postoperative Röntgenbilder im anterior-posterioren Strahlengang im Ganzbeinstand eine femoro-tibiale Achsabweichung gemessen und für den Score berücksichtigt. Schmerzen des Probanden und den Bewegungsumfang des Kniegelenks wurden im *Knee Score* ebenfalls erfasst. Zusätzlich wurde die Stabilität der Kreuz- und Kollateralbänder des operierten Kniegelenks klinisch untersucht. Die Kreuzbänder wurden im Rahmen dieser Studie mithilfe eines Rolimeters untersucht. Der Patient konnte im Rahmen des *Knee Score* mindestens -50 bis maximal 100 Punkte erreichen (vgl. Anhang 4).

Der *Functional Score* wurde zu den Untersuchungszeitpunkten T0, T5 und T6 gemessen und traf eine Aussage über die Gehfähigkeit des Patienten und seine Fähigkeit Treppen zu steigen. Die Verwendung von Unterarmgehstützen oder anderen Hilfsmitteln, wie Rollatoren oder Gehwagen wurden mit Minuspunkten bewertet. Es konnten minimal -20 Punkte und maximal 100 Punkte erreicht werden (vgl. Anhang 5).

2.6.5 Rescue Analgetika

Der Bedarf an *Rescue Analgetika* wurde zu den Zeitpunkten T1 bis T5 erfasst. Die Bedarfsmedikation wurde im Rahmen eines klinikinternen Schemas zur postoperativen Analgesie verordnet. Bei leichten Schmerzen wurde Metamizol 500 mg per os (p.o.), Ibuprofen 600 mg p.o. oder Parecoxib 40 mg p.o. verabreicht. Bei stärkeren Schmerzen wurden anhand des klinikinternen Schemas Buprenorphin 0,2 mg sublingual (s.l.), Piritramid 7,5 mg intravenös (i.v.) als Kurzinfusion, Targin 10/5 mg p.o. oder Oxycodon 10 mg akut verordnet. Die Dosierung der *Rescue Analgetika* wurde täglich durch den Stationsarzt eruiert und an die Schmerzen des Patienten angepasst. Die Informationen über verabreichte *Rescue Analgetika* wurden der Pflegedokumentation entnommen (vgl. Anhang 7).

2.6.6 Patientenzufriedenheit

Die Patientenzufriedenheit wurde zum Untersuchungszeitpunkt T6 anhand einer Markierung auf einer Skala erfragt (vgl. Anhang 8). Die Patienten wurden gebeten zum Abschluss der Teilnahme an dieser Studie einen Punkt auf diese Skala zu markieren, welcher ihre Zufriedenheit mit der gesamten perioperativen Betreuung repräsentierte. Im Zuge der statistischen Auswertung wurden auf der Skala der Abstand der Punkte vom Beginn der Skala in Millimeter gemessen und die Werte der Patienten in drei Gruppen eingeteilt. So ergaben sich die Kategorien „zufrieden“, „weder zufrieden noch unzufrieden“ und „unzufrieden“.

2.7 Statistik

Die erhobenen Patientendaten wurden in einer Excel Tabelle (Microsoft Excel Version 6.41.) zusammengetragen. Die darauffolgende Statistische Auswertung der Studienergebnisse wurde mit dem Statistik Programm, IBM SPSS Statistics (Subscription for Macintosh, Build 1.0.0.1461. Armonk, NY: IBM Corp.) durchgeführt.

Zur Auswertung der Studienergebnisse wurde eine Zweifaktorielle Varianzanalyse mit Greenhouse-Geisser-Korrektur verwendet. Bei diesem Testverfahren werden die Mittelwerte der Gruppen und der Varianz miteinander verglichen und auf signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen Gruppen über die Zeit getestet. Im Rahmen dieser Studie war die Voraussetzung der Sphärizität, die der zweifaktoriellen Varianzanalyse unterliegt, nicht gegeben. Daher wurde eine korrigierte Berechnung mittels Greenhouse-Geisser-Korrektur verwendet. Zeigte sich ein signifikanter Effekt ($p < 0,05$), wurden die einzelnen Zeitpunkte und Gruppen paarweise mit Hilfe der Bonferroni-korrigierten Post-hoc Tests verglichen.

Bei der Auswertung von ordinalskalierten Variablen, wie sie bei der postoperativen Mobilität gegeben waren, wurde die statistische Auswertung mittels nicht parametrischer Testverfahren vorgenommen. Mit dem Friedman-Test untersuchte man die Veränderung über die Zeit pro Gruppe. Dieses Testverfahren wird verwendet, um die mittleren Ränge zwischen mehr als zwei abhängigen Gruppen zu vergleichen. Mit Hilfe dieses Testverfahrens überprüft man somit, ob sich mindestens zwei Gruppen hinsichtlich ihres mittleren Rangs voneinander unterscheiden.

Bei der Kruskal-Wallis Testung werden die mittleren Ränge zwischen mehr als zwei unabhängigen Gruppen untersucht. Durch diese Untersuchung kann überprüft werden, ob sich mindestens zwei Gruppen in Bezug auf ihren mittleren Rang unterscheiden.

Für die statistische Auswertung dieser Studie wurde eine Irrtumswahrscheinlichkeit von $p < 0,05$ als signifikant festgelegt.

Im Rahmen der Datenerhebung fehlen insgesamt 266 Einzelwerte von 4.680 der Kontrollparameter. Davon fehlten 14 Werte zur VAS, 23 Werte zur postoperativen Mobilität, 12 Werte zum *Knee Score*, 3 Werte zum *Functional Score*, 2 Werte zu *Rescue* Analgetika, 21 Werte zum Anheben gegen die Schwerkraft und 191 Werte zur Beweglichkeit.

Für die statistische Auswertung wurden folgende Bedingungen bei fehlenden Einzelwerten für die Untersuchungskriterien festgelegt:

- Im Fall von fehlenden Daten wurde der Mittelwert zwischen den vorherigen und darauffolgenden Daten erhoben.
- Bei fehlenden Daten am Anfang eines Untersuchungskriteriums wurde der darauffolgende Wert übernommen.
- Bei fehlenden Einzeldaten am Ende eines Untersuchungskriteriums wurde der vorrangegangene Wert übernommen.
- Fehlende Werte wurden nur ersetzt, wenn maximal 2 einzelne Werte im Rahmen eines Untersuchungskriteriums fehlten.
- Im Rahmen der Untersuchung der Patientenzufriedenheit wurden bei nicht vorhandenen Angaben keine Werte ersetzt.

Durch diese festgelegten Bedingungen konnten fehlenden Einzelwerte ersetzt werden und so den Zugriff auf eine größere Studienpopulation im Rahmen der statistischen Auswertung ermöglicht werden.

3 Ergebnisse

3.1 Demografie

3.1.1 Randomisierung

Innerhalb des Studienzeitraums von Juli 2016 bis zum Januar 2020 sind insgesamt 110 Patienten im BG Klinikum Duisburg mit KTEP aufgrund einer posttraumatischen Gonarthrose versorgt worden. Von den primär infrage kommenden Patienten wurden nach Randomisierung 20 Patienten nicht in die Studie eingeschlossen. Die Studienpopulation setzt sich aus insgesamt 90 Patienten zusammen. Davon waren 67 Männer und 23 Frauen. Die Studienpatienten wurden in eine der drei Gruppen randomisiert. Daraus ergab sich, dass jeweils 30 Personen in die *PCIA* Gruppe, 30 Patienten in die *NFK/NIK* Gruppe und 30 Patienten in die *IAK* Gruppe randomisiert wurden. In der Abb. 5 ist der Verlauf zur finalen Studienpopulation dargestellt. Der älteste Patient war 80 Jahre und der jüngste 32 Jahre. Der Mittelwert betrug $\pm 58,26$ (SD 9,49) Jahre. Der Median betrug 57 Jahre.

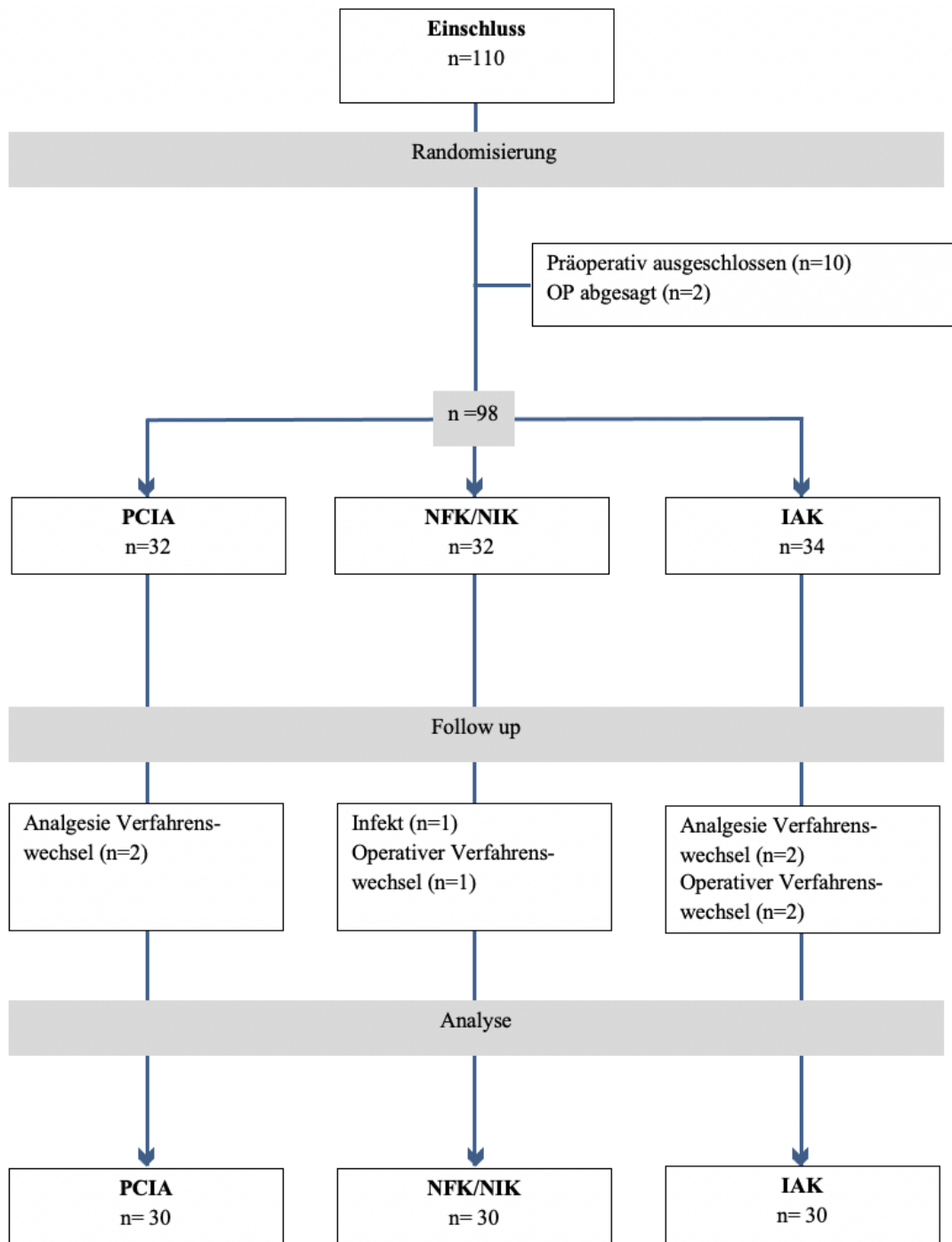


Abb. 5 Randomisierung der Studienpopulation

Diese selbsterstelltes Consort Diagramm stellt die Randomisierung und die finale Studienpopulation, sowie die *Dropouts* der Patienten im Verlauf dar. Zu Beginn der Studie n=110 Patienten, finale Studienpopulation n=90 Patienten.

3.1.2 Lebensstil

In Bezug auf den Lebensstil der Studienteilnehmer zeigte sich, dass 32,6% Raucher und 67,4% Nichtraucher sind. Im Durchschnitt konsumierten die Raucher 5,1 Zigaretten pro Tag. Die deutliche Mehrheit der Patienten mit 87,5% gab an, keinen Alkohol in regelmäßigen Abständen zu konsumieren, wohingegen 12,5% der Patienten regelmäßig Alkohol konsumierten. In der Auswertung von Körpergröße und Gewicht ergab sich ein Durchschnittlicher *Body-Mass Index (BMI)* von $\pm 30,63$ (SD 6,43), der nach Einteilung der *BMI* Skala als Übergewicht anzusehen ist (13). Diese Ergebnisse können der Tabelle 2 entnommen werden.

	Patienten Daten	Fehlende Daten	Mittelwert	Median	Standard- abweichung	Minimum	Maximum
Alter zur OP (Jahre)	90	0	57,96	57,00	9,49	29,00	80,00
Vor-OPs	85	5	3,49	3,00	3,05	0,00	16,00
BMI	90	0	30,63	29,15	6,43	19,05	53,42
Rauchen (Zigaretten/ Tag)	88	2	5,41	0,00	8,84	0,00	30,00

Tabelle 2 Demografische Daten der Patienten

3.1.3 Vorerkrankungen und Hausmedikation

Von den 90 Studienpatienten gaben 34,4% an, keine Vorerkrankungen zu haben. 11,1% der Patienten gaben eine isolierte Hypertonie als Vorerkrankung an. 80% der Probanden gaben an, unabhängig vom Kniegelenk keine weiteren Vorerkrankungen oder Verletzungen an der betroffenen Extremität aufzuweisen. Bei 89 erhobenen Daten gaben 27% der Patienten an, an chronischen Schmerzen präoperativ zu leiden.

Bei 86 erhobenen Datenpunkten, zeigte sich, dass 55,8% der Patienten angaben regelmäßig Medikamente einzunehmen. In Bezug auf zuvor regelmäßig eingenommene Analgetika gaben unter 89 Angaben 58,4% der Patienten an Analgetika im prästationären Verlauf eingenommen zu haben.

3.1.4 Trauma

Bei 86 Patientenangaben betrug die durchschnittliche Zeit zwischen dem vorangegangenen Trauma und der Implantation der KTEP im Mittel $\pm 210,13$ Monate (SD

185,65) betrug. Dabei gaben 58,1% an, dass das Knie Trauma bereits vor über 120 Monate stattgefunden habe. 8,1% der Patienten erhielten innerhalb von 61-120 Monaten nach Trauma eine KTEP, wohingegen 5,8% der Patienten ihre KTEP innerhalb von 25-60 Monaten erhielten. Nur 14% der Patienten erhielten innerhalb von 13-24 Monaten nach Trauma eine KTEP. Weitere 14% bekamen innerhalb des ersten Jahres nach Trauma eine KTEP implantiert.

In 82,2% handelte es sich bei dem vorrangegangenen Trauma um einen Arbeitsbeziehungsweise Wegeunfall. Mit 17,8% war die isolierte Tibiakopffraktur die häufigste Unfalldiagnose der Studienpatienten.

Die knöchernen tibiale Verletzung in Verbindung mit ligamentären Verletzungen oder Meniskusläsionen zeigte sich mit 36% als die häufigste Verletzung (89 Daten). Danach folgte mit 32,6% eine isolierte ligamentäre Verletzung. Mit 10,1% gaben die Patienten eine isolierte Meniskusläsion im betroffenen Kniegelenk an. Bei nur 5,6% der Probanden fanden sich eine Knöchernen Läsion des Femurs mit gegebenenfalls Begleitverletzungen der Bänder und der Menisken. Eine isolierte knöchernen patellare Verletzung war nur bei 4,5% der Studienpatienten vorhanden. 11,2% der Patienten gaben sonstige Verletzungsarten an. Bei 85 Patientendaten ergab sich ein Mittelwert in Bezug auf die Anzahl der Vor- OPs von $\pm 3,49$ (SD 3,05). Insgesamt erhielten 44 Patienten eine KTEP des rechten Kniegelenkes und 46 Patienten eine KTEP des linken Knies.

3.2 Operation und Stationärer Aufenthalt

In der Tabelle 3 zeigt sich, dass 89 Datensätze in Bezug auf den operativen- und postoperativen Verlauf erhoben wurden. Dabei betrug die kürzeste OP-Zeit 70 Minuten und die längste OP 286 Minuten. Daraus ergibt sich der Medianwert von 133 Minuten und $\pm 142,2$ (SD 46,25) Minuten im Mittelwert der OP-Dauer. Der Mittelwert in Bezug auf die stationäre Verweildauer der Studienpatienten betrug $\pm 13,2$ (SD 5,34) Tage. Der Medianwert betrug 11,5 Tage. Wobei die geringste Aufenthaltsdauer bei 8 Tagen lag und 42 Tage die maximale Zeit eines Patienten in stationärer Behandlung betrug. In der Tabelle 3 sind diese Ergebnisse aufgeführt.

	Patienten Daten	Fehlende Daten	Mittel- wert	Median	Standard- abweichung	Minimum	Maximum
Verweil- dauer (Tage)	90	0	13,20	11,50	5,34	8,00	42,00
OP- Dauer (Minuten)	89	1	142,42	133,00	46,25	70,00	286,00

Tabelle 3 Daten zur Operation

3.2.1 Prothesentypen

Von den Studienteilnehmern wurden die Angaben zu den implantierten Prothesenmodellen aus den OP-Berichten erhoben. Insgesamt haben 38,9% eine *CR* Prothese erhalten. Weitere 23,3% erhielten eine *PS* Prothese und 32,2% eine *CCK* Prothese. Bei 5,6 % der Patienten wurde eine gekoppelte Prothese implantiert.

3.3 Parametrische Tests

Im Zuge der statistischen Auswertung durch den paarweisen Vergleich zeigte sich, dass die Zuteilung der Gruppe keinen signifikanten Einfluss auf die im Folgenden aufgeführten Untersuchungsparameter hatte. Die Randomisierungsannahme der Patientenzuteilung in den drei Gruppen wurde in der Auswertung für diese Studie bestätigt.

3.3.1 VAS

Es zeigte sich, dass im Rahmen der zweifaktoriellen Varianzanalyse, welche mittels Greenhouse-Geisser-Korrektur durchgeführt wurde, ein signifikanter Unterschied zwischen den verschiedenen Zeitpunkten und dem ermittelten VAS Wert bestand ($p < 0,001$), welcher der Tabelle 4 zu entnehmen ist. Zusätzlich wurde mit der Methode auf signifikante Unterschiede in den VAS Werten zwischen den Analgesie Gruppen getestet. Wie in der Tabelle 4 dargestellt, zeigte sich hierbei kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen pro Zeitpunkt in Bezug auf die VAS Angaben ($p = 0,549$). Bei der Betrachtung der *between-subjects effects*, welche in Tabelle 5 dargestellt sind, zeigte sich kein signifikanter Unterschied in den durchschnittlichen VAS Werten für die einzelnen Analgesie Gruppen ($p = 0,298$).

	Typ III Quadrat- summe	Freiheits- grade	Mittel der Quadrate	F	Sig.	Partielles Eta Quadrat
Zeitpunkt	565,13	4,25	133,05	33,22	0,000	0,28
Zeitpunkt *	29,52	8,50	3,47	0,87	0,549	0,02
Gruppe						
Fehler	1463,12	365,30	4,01			
(Zeitpunkt)						

Tabelle 4 Test of Within-Subjects Factors der VAS

	Typ III Quadratsumme	Freiheits- grade	Mittel der Quadrate	F	Sig.	Partielles Eta Quadrat
Gruppe	51,15	2,00	25,58	1,23	0,298	0,03
Fehler	1791,21	86,00	20,83			

Tabelle 5 Test of Between-Subjects Factors der VAS

In den Abb. 6 und 7 ist zu sehen, dass die durchschnittlichen VAS Werte bei allen Gruppen über den postoperativen Untersuchungszeitraum abnahmen.

Mithilfe der paarweisen Vergleiche zeigte sich, eine signifikante Korrelation zwischen den angegebenen VAS Werten präoperativ zu den Angaben der VAS Werte ab dem Zeitpunkt T2 postoperativ.

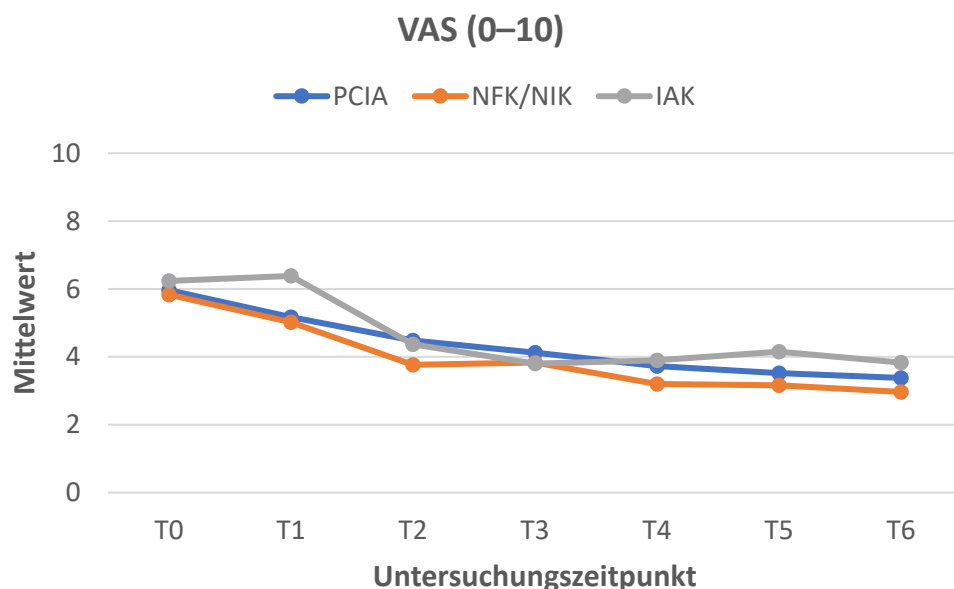


Abb. 6 Geschätzte Randmittel der VAS

Dieser selbsterstellter Graph stellt den Verlauf der Mittelwerte der VAS jeder der 3 Gruppen über den Studienzeitraum dar.

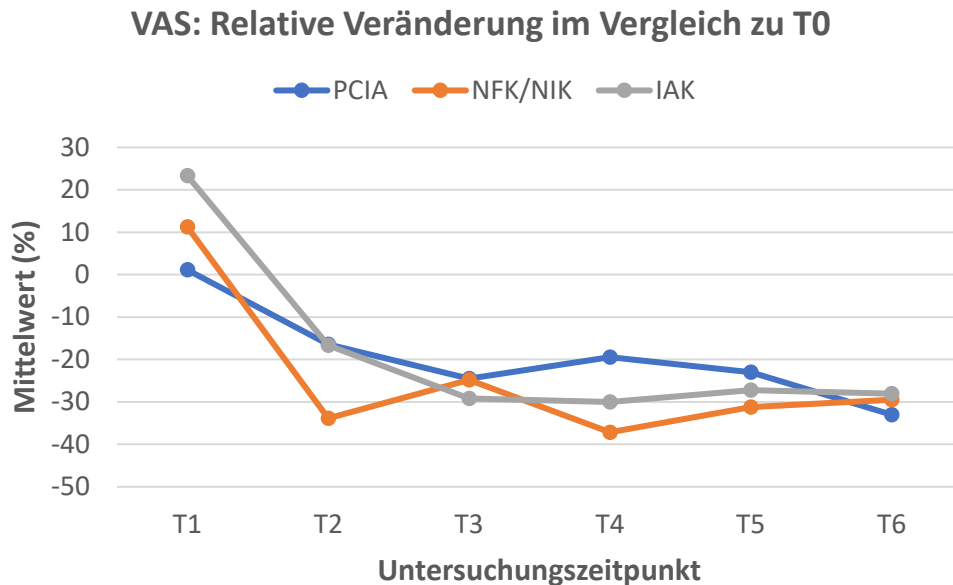


Abb. 7 Geschätzte Randmittel der VAS

Diese selbsterstellte Abbildung spiegelt die Veränderung der VAS der Untersuchungsgruppen in Relation zu T0 dar.

Durch die Verwendung der Spearman-Rangkorrelationskoeffizienten, wird überprüft ob zwischen zwei Variablen ein monotoner Zusammenhang vorliegt. Dies kann sich auf eine monotone Steigung oder einen fallenden Zusammenhang darstellen.

Durch die Testung mittels der Spearman-Rangkorrelation konnte kein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Zeitraum zwischen Trauma und OP-Datum und der Veränderung der Schmerzangaben zwischen den Zeitpunkten T1 und T6 zu T0 festgestellt werden.

3.3.2 Beweglichkeit

Durch die Testung mittels Zweifaktorieller Varianzanalyse unter Greenhouse-Geisser-Korrektur zeigte sich ein signifikanter Unterschied zwischen den Untersuchungszeitpunkten und den aktiven *ROM* Werten für die Flexion ($p < 0,001$) und die Extension ($p < 0,001$). Ein signifikanter Unterschied zwischen den einzelnen Gruppen pro Untersuchungszeitpunkt in Bezug auf die aktive *ROM* in Flexion ($p = 0,149$) und in Extension ($p = 0,290$) konnte nicht beobachtet werden. Diese Ergebnisse können den Tabellen 6 und 8 entnommen werden.

Bei der Untersuchung mittels *between-subjects effects*, welche in den Tabellen 7 und 9 dargestellt ist, konnte kein signifikanter Unterschied der aktiven *ROM* Werte in Flexion

($p=0,094$) und in Extension ($p=0,603$) im Durchschnitt für die einzelnen Gruppen gezeigt werden.

	Typ III Quadrat- summe	Freiheits- grade	Mittel der Quadrate	F	Sig.	Partielles Eta Quadrat
Zeitpunkt	246245,06	3,96	62201,54	168,10	0,000	0,67
Zeitpunkt * Gruppe	4457,76	7,92	563,02	1,52	0,149	0,03
Fehler (Zeitpunkt)	123052,15	332,54	370,04			

Tabelle 6 Test of Within-Subjects Effects der aktiven ROM in Flexion

	Typ III Quadratsumme	Freiheits- grade	Mittel der Quadrate	F	Sig.	Partielles Eta Quadrat
Gruppe	5152,96	2,00	2576,48	2,44	0,094	0,05
Fehler	88819,54	84,00	1057,38			

Tabelle 7 Test of Between-Subjects Effects der aktiven ROM in Flexion

	Typ III Quadrat- summe	Freiheits- grade	Mittel der Quadrate	F	Sig.	Partielles Eta Quadrat
Zeitpunkt	2237,52	2,88	778,09	24,89	0,000	0,23
Zeitpunkt * Gruppe	222,19	5,75	38,63	1,24	0,290	0,03
Fehler (Zeitpunkt)	7550,90	241,56	31,26			

Tabelle 8 Test of Within-Subjects Effects der aktiven ROM in Extension

	Typ III Quadratsumme	Freiheits- grade	Mittel der Quadrate	F	Sig.	Partielles Eta Quadrat
Gruppe	79,98	2,00	39,99	0,51	0,603	0,01
Fehler	6604,85	84,00	78,63			

Tabelle 9 Test of Between-Subjects Effects der aktiven ROM in Extension

Im Rahmen der Auswertung aller Gruppen zeigt sich eine Steigerung der aktiven Extension, sowie eine Erhöhung der aktiven Flexion über den postoperativen Verlauf. In den Abb. 8 und 9 ist dies dargestellt. Durch die paarweisen Vergleiche konnte ein

signifikanter Zusammenhang zwischen den aktiven *ROM* Werten für die Extension und die Flexion über die Untersuchungszeitpunkte beobachtet werden.

Im Zuge des Vergleichs der Zeitpunkte pro Gruppe zeigte sich in Bezug auf die aktive *ROM* der Flexion, eine signifikante Verbesserung aller Gruppen zwischen den Zeitpunkten T0 und T6.

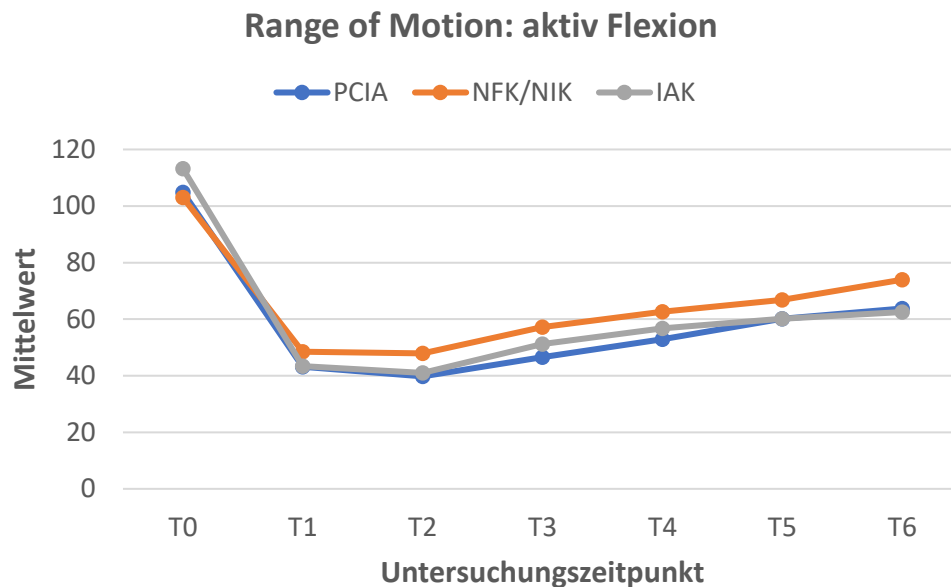


Abb. 8 Geschätzte Randmittel *ROM* aktiv Flexion

Dieser eigene Graph repräsentiert die aktive *ROM* der Flexion jeder Untersuchungsgruppe über die Zeit.

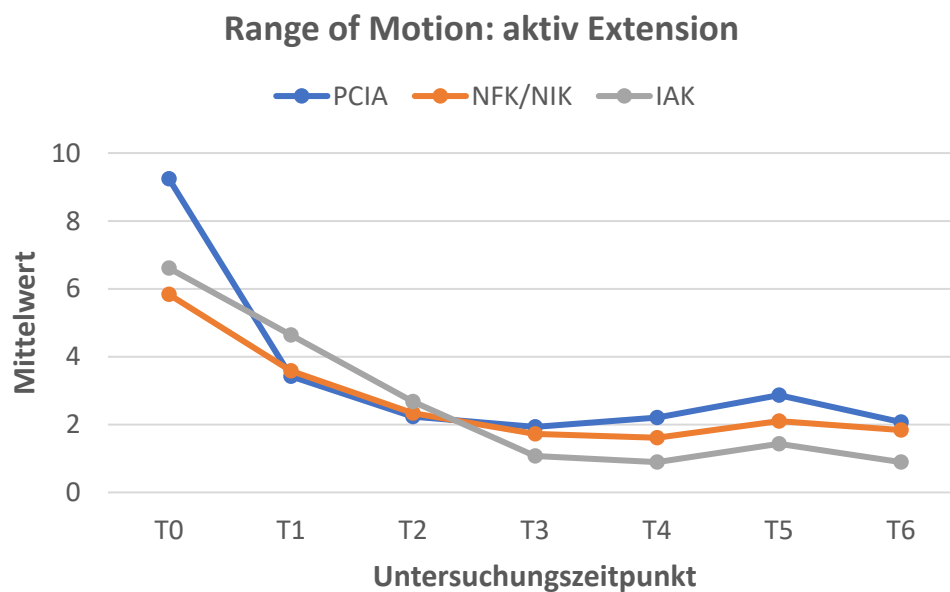


Abb. 9 Geschätzte Randmittel *ROM* aktiv Extension

Diese eigene Abbildung zeigt die aktive *ROM* der Extension der Studiengruppen über die Zeit abgebildet.

Mithilfe der Greenhouse-Geisser-Korrektur wurde ein signifikanter Unterschied zwischen den verschiedenen Untersuchungszeitpunkten und den ermittelten passiven ROM Werten in Flexion ($p < 0,001$) und in Extension ($p < 0,001$) beobachtet. Ein Unterschied zwischen den Analgesie Gruppen über die Zeit in Bezug auf die passiven ROM Werte für die Flexion ($p = 0,435$) und die Extension ($p = 0,249$) konnte nicht festgestellt werden. Den Tabellen 10 und 12 ist dies zu entnehmen.

Die Testung mittels *between-subjects effects* konnte kein signifikanter Unterschied der passiven ROM Werte für die Flexion ($p = 0,054$) und die Extension ($p = 0,829$) zeigen. Diese Ergebnisse sind den Tabellen 11 und 13 zu entnehmen.

	Typ III Quadrat- summe	Freiheits- grade	Mittel der Quadrate	F	Sig.	Partielles Eta Quadrat
Zeitpunkt	262528,94	3,59	73108,35	223,43	0,000	0,73
Zeitpunkt *	2340,72	7,18	325,92	1,00	0,435	0,02
Gruppe						
Fehler	98700,54	301,64	327,21			
(Zeitpunkt)						

Tabelle 10 Test of Within-Subjects Effects der passiven ROM der Flexion

	Typ III Quadratsumme	Freiheits- grade	Mittel der Quadrate	F	Sig.	Partielles Eta Quadrat
Gruppe	6031,03	2,00	3015,52	3,03	0,054	0,07
Fehler	83663,25	84,00	995,99			

Tabelle 11 Test of Between-Subjects Effects der passiven ROM der Flexion

	Typ III Quadrat- summe	Freiheits- grade	Mittel der Quadrate	F	Sig.	Partielles Eta Quadrat
Zeitpunkt	1690,65	2,76	612,89	20,26	0,000	0,20
Zeitpunkt *	221,76	5,52	40,19	1,33	0,249	0,03
Gruppe						
Fehler	6926,17	228,96	30,25			
(Zeitpunkt)						

Tabelle 12 Test of Within-Subjects Effects der passiven ROM der Extension

	Typ III Quadratsumme	Freiheits- grade	Mittel der Quadrate	F	Sig.	Partielles Eta Quadrat
Gruppe	20,58	2,00	10,29	0,19	0,829	0,00
Fehler	4555,76	83,00	54,89			

Tabelle 13 Test of Between-Subjects Effects der passiven ROM der Extension

In den Abb. 10 und 11 ist eine Steigerung der passiven Extension und Flexion über die gesamte postoperative Phase in allen Gruppen zu sehen.

Im Rahmen der Auswertung mittels des paarweisen Vergleichs zeigte sich ein signifikanter Zusammenhang zwischen den passiven *ROM* Werten der Flexion und Extension über die Untersuchungszeitpunkte.

Beim Vergleich der Gruppen pro Zeitpunkt im Rahmen der passiven *ROM* für die Flexion zeigte sich ein signifikanter Unterschied zwischen der *PCIA* Gruppe und der NFK/NIK Gruppe zum Zeitpunkt T4 sowie zwischen der NFK/NIK Gruppe und der IAK Gruppe zum Zeitpunkt T6. Zum Zeitpunkt T6 erreichten die Patienten aus der NFK/NIK Gruppe signifikant bessere *ROM* Werte als die Patienten aus der IAK Gruppe. Zum Zeitpunkt T4 erreichten die Patienten aus der NFK/NIK Gruppe signifikant bessere *ROM* Werte für die Flexion als die Probanden aus der *PCIA* Gruppe.

Bei dem Vergleich der einzelnen Zeitpunkte pro Gruppe zeigte sich, für alle Gruppen eine signifikante Erhöhung der *ROM* Werte für die passive Flexion. Zwischen den Zeitpunkten T0 und T6 der einzelnen Gruppen zeigte sich zudem eine signifikante Korrelation der passiven *ROM* Werte für die Extension und die Flexion.

Beim Vergleich der jeweiligen Untersuchungszeitpunkte pro Gruppe konnte festgestellt werden, dass für die *PCIA* Gruppe eine signifikante Erhöhung der passiven *ROM* Werte für die Extension in Bezug auf T0 befand. Ebenso zeigte sich eine signifikante Erhöhung der passiven *ROM* Werte für die Extension für die IAK Gruppe zwischen den Zeitpunkten T3 und T6.

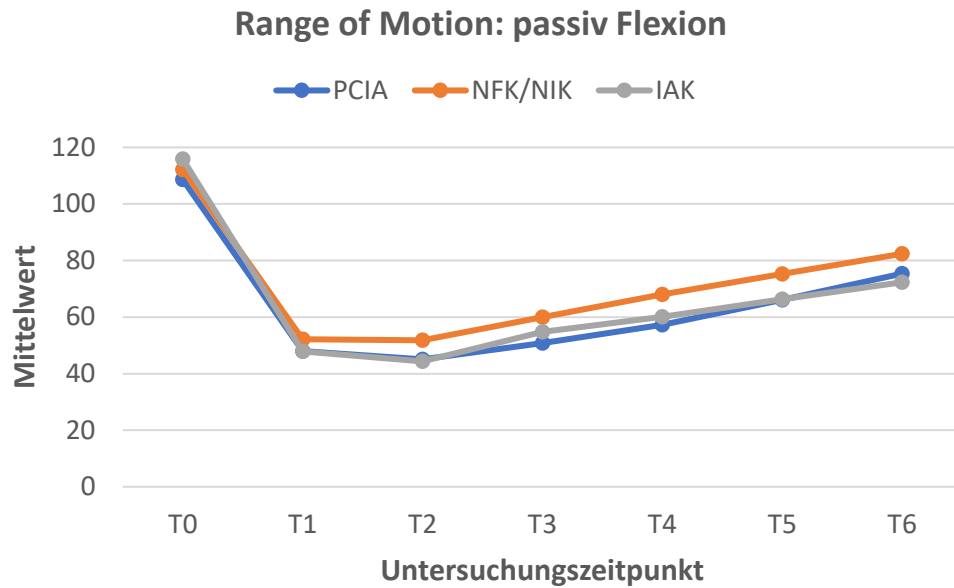


Abb. 10 Geschätzte Randmittel *ROM* passiv Flexion

Diese selbsterstellte Grafik zeigt den Verlauf der passiven *ROM* der Flexion über den Untersuchungszeitraum.

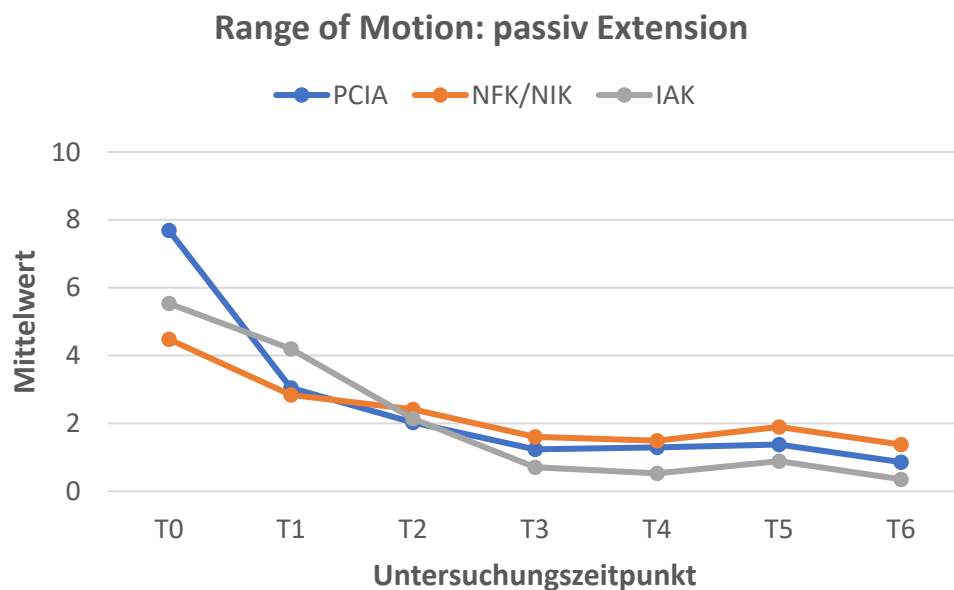


Abb. 11 Geschätzte Randmittel *ROM* passiv Extension

Diese selbsterstellte Abbildung zeigt den Verlauf der passiven *ROM* der Extension über die Zeit.

3.3.3 Anheben gegen die Schwerkraft

Es zeigte sich, mittels der Zweifaktoriellen Varianzanalyse unter Greenhouse-Geisser-Korrektur, ein signifikanter Unterschied zwischen den Untersuchungszeitpunkten und

der Fähigkeit das betroffene Bein anzuheben ($p < 0,001$). Ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen in Bezug auf die Fähigkeit das betroffene Bein anzuheben konnte dahingehend widerlegt werden ($p = 0,435$). Diese Ergebnisse sind der Tabelle 14 zu entnehmen.

Unter der Betrachtung der *between-subjects effects* zeigte sich, wie in Tabelle 15 dargestellt, ebenfalls kein Unterschied in der durchschnittlichen Fähigkeit das betroffene Bein anzuheben für die drei Vergleichsgruppen ($p = 0,838$).

	Typ III Quadrat- summe	Freiheits- grade	Mittel der Quadrate	F	Sig.	Partielles Eta Quadrat
Zeitpunkt	46,84	4,30	10,88	77,14	0,000	0,47
Zeitpunkt *	1,22	8,61	0,14	1,00	0,435	0,02
Gruppe						
Fehler	52,22	370,07	0,14			
(Zeitpunkt)						

Tabelle 14 Test of Within-Subjects Effects der Fähigkeit das betroffene Bein anzuheben

	Typ III Quadratsumme	Freiheits- grade	Mittel der Quadrate	F	Sig.	Partielles Eta Quadrat
Gruppe	0,18	2,00	0,09	0,18	0,838	0,00
Fehler	43,55	86,00	0,51			

Tabelle 15 Test of Between-Subjects Effects der Fähigkeit das betroffene Bein anzuheben

Alle Studiengruppen konnten postoperativ eine Steigerung der Fähigkeit, das operierte Bein gegen die Schwerkraft anzuheben verzeichnen. Durch die Testung mittels der paarweisen Vergleiche, konnte eine signifikante Korrelation der Fähigkeit das betreffende Bein anzuheben zwischen den Zeitpunkten festgestellt werden.

Bei der Untersuchung der Gruppen pro Zeitpunkt, konnte ein signifikanter Unterschied zwischen der NFK/NIK und der IAK Gruppe zum Zeitpunkt T1 festgestellt werden. Zum Zeitpunkt T1 waren signifikant mehr Patienten aus der NFK/NIK Gruppe in der Lage ihr operiertes Bein anzuheben.

Im Rahmen der Analyse wurden die Untersuchungszeitpunkte pro Gruppe untereinander verglichen. Hier zeigte sich bei den Patienten aus allen Gruppen eine signifikante Verbesserung in der Fähigkeit das betroffene Bein anzuheben zwischen den Zeitpunkten T0-T6.

3.3.4 Postoperative Mobilität

Bei den Daten, die im Rahmen der postoperativen Mobilität erhoben wurden, handelte es sich um eine ordinalskalierte Variable. Dementsprechend wurde die Auswertung dieser Daten mittels nicht parametrischer Testverfahren durchgeführt. In dieser Arbeit wurde die postoperative Mobilität gerankt, von „keine Mobilität“ (Rang 0) bis hin zu „Treppen steigen“ (Rang 4).

Die Friedman Testung zeigte, eine signifikante Verbesserung der postoperativen Mobilität in allen Untersuchungsgruppen über die Zeit. Mit Hilfe des Kruskal-Wallis Test konnte keine signifikanten Unterschiede der Mobilität pro Zeitpunkt in Bezug auf die Analgesie Gruppen dargelegt werden.

Es zeigt sich eine signifikante Verbesserung der postoperativen Mobilität in allen Gruppen über die Untersuchungszeitpunkte. Jedoch konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen in Bezug auf die postoperative Mobilität gefunden werden.

3.3.5 KSS

Im Rahmen der Auswertung der Ergebnisse zeigte sich im Zuge der Zweifaktoriellen Varianzanalyse mit Greenhouse-Geisser-Korrektur, dass ein signifikanter Unterschied zwischen den verschiedenen Untersuchungszeitpunkte und dem jeweiligen *Knee Score* Wert bestand ($p < 0,001$). Dahingehend zeigte sich, dass es keinen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen über den Untersuchungszeitraum in Bezug auf den *Knee Score* Wert gab ($p = 0,715$). In der Tabelle 16 sind diese Beobachtungen aufgeführt. In der Tabelle 17 zeigte sich, bei der Untersuchung der *between-subjects effects*, kein signifikanter Unterschied der *Knee Score* Werte für die einzelnen Studiengruppen ($p = 0,138$).

	Typ III Quadrat- summe	Freiheits- grade	Mittel der Quadrate	F	Sig.	Partielles Eta Quadrat
Zeitpunkt	26926,32	1,55	17376,53	66,59	0,000	0,43
Zeitpunkt * Gruppe	374,55	3,10	120,85	0,46	0,715	0,01
Fehler (Zeitpunkt)	35177,76	134,81	260,94			

Tabelle 16 *Test of Within-Subjects Effects des KSS*

	Typ III Quadratsumme	Freiheits- grade	Mittel der Quadrate	F	Sig.	Partielles Eta Quadrat
Gruppe	2468,91	2,00	1234,45	2,03	0,138	0,04
Fehler	52963,30	87,00	608,77			

Tabelle 17 *Tests of Between-Subjects Effects* des KSS

Die *Knee Score* Werte nahmen, wie in Abb. 12 zu erkennen, für alle Studiengruppen im postoperativen Verlauf zu.

Bei den paarweisen Vergleichen zeigt sich, eine signifikante Korrelation zwischen den ermittelten *Knee Score* Werten präoperativ zu den *Knee Score* Werten welche postoperativ erhoben wurden.

Beim Vergleich der Zeitpunkte pro Gruppe konnte eine signifikante Steigerung der *Knee Score* Werte für die PCIA, die NFK/NIK und die IAK Gruppe zwischen den Zeitpunkten T0-T6 belegt werden

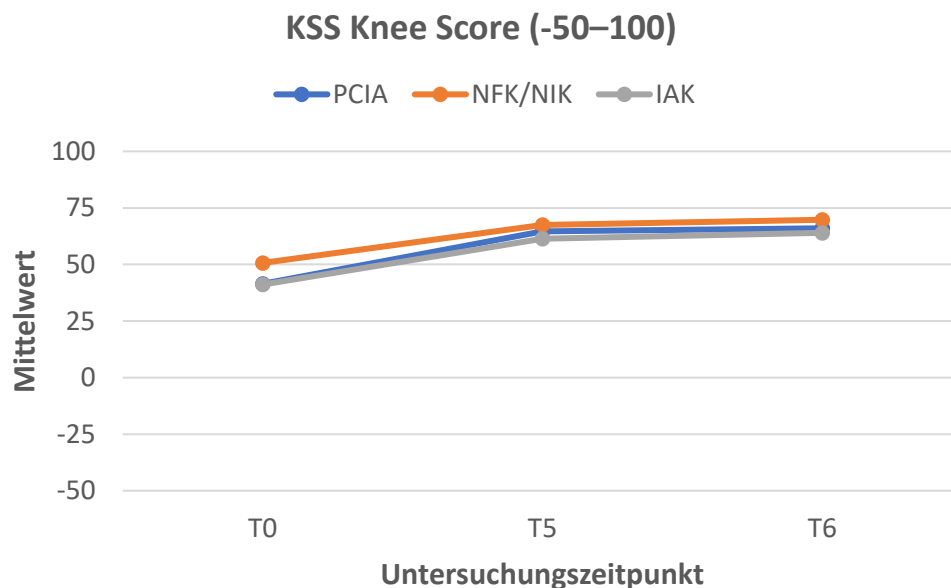


Abb. 12 Geschätzte Randmittel des *Knee Score*

Dieser selbsterstellter Graph zeigt den Verlauf des KSS der Untersuchungsgruppen über die Zeit.

Bei der Untersuchung mittels Greenhouse-Geisser-Korrektur konnte ein signifikanter Unterschied zwischen den Werten des *Functional Score* vor und nach der KTEP Implantation festgestellt werden ($p < 0,001$). Ein signifikanter Unterschied zwischen den

Untersuchungsgruppen über die Zeit in Bezug auf die *Functional Score* Werte konnte nicht dargelegt werden ($p=0,776$). Diese Ergebnisse sind der Tabelle 18 zu entnehmen. Im Zuge der Betrachtung der *between-subjects effects* zeigte sich kein signifikanter Unterschied der durchschnittlichen *Functional Score* Werte für die jeweiligen Untersuchungsgruppen ($p=0,556$). Dies ist in der Tabelle 19 dargestellt.

	Typ III Quadrat- summe	Freiheits- grade	Mittel der Quadrate	F	Sig.	Partielles Eta Quadrat
Zeitpunkt	35074,63	1,84	19096,60	39,98	0,000	0,31
Zeitpunkt *	741,48	3,67	201,85	0,42	0,776	0,01
Gruppe						
Fehler	76333,89	159,79	477,71			
(Zeitpunkt)						

Tabelle 18 Test of Within-Subjects Effects des *Functional Score*

	Typ III Quadratsumme	Freiheits- grade	Mittel der Quadrate	F	Sig.	Partielles Eta Quadrat
Gruppe	1225,74	2,00	612,87	0,59	0,556	0,01
Fehler	90213,61	87,00	1036,94			

Tabelle 19 Test of Between-Subjects Effects des *Functional Score*

Der *Functional Score*, welcher in der Abb. 13 abgebildet ist, zeigte bei den Untersuchungsgruppen zum Zeitpunkt T5 zunächst einen niedrigeren Wert als präoperativ, dieser stieg dann jedoch zum Zeitpunkt T6 an. Durch die paarweisen Vergleiche konnte eine signifikante Korrelation zwischen den ermittelten *Functional Score* Werten und den Untersuchungszeitpunkten festgestellt werden.

Beim Vergleich der Zeitpunkte pro Gruppe, ergab sich eine signifikante Erhöhung der Werte im *Functional Score* für die PCIA und NFK/NIK Gruppe zwischen dem Zeitpunkt T0 und T5. Die Patienten aus der IAK Gruppe zeigten eine signifikante Verbesserung der *Functional Score* Werte in Bezug auf T0.

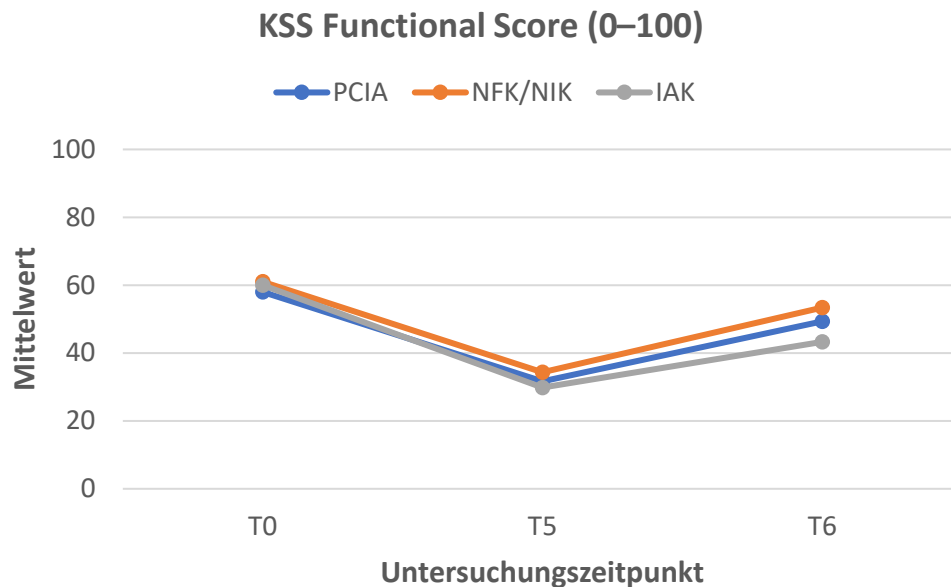


Abb. 13 Geschätzte Randmittel des *Functional Score*

Diese selbsterstellte Abbildung repräsentiert die *Functional Score* Werte der einzelnen Gruppen über den Untersuchungszeitraum.

3.4 *Rescue* Analgetika

Die Patienten bekamen im Rahmen dieser Studie unabhängig von der Randomisierung je nach subjektivem Schmerzempfinden *Rescue* Analgetika zur Verfügung gestellt. Dieser Bedarf wurde zu den postoperativen Zeitpunkten T1 bis T5 erhoben. Zum einen wurden NOA und bei unzureichender Schmerzreduktion Opioide verabreicht (vgl. Kapitel 2.9.5)

3.4.1 Opioide

Mit der Zweifaktoriellen Varianzanalyse unter Greenhouse-Geisser-Korrektur konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den verschiedenen Zeitpunkten und den eingenommenen *Rescue* Analgetika des Opioid Typs bewiesen werden ($p=0,146$). Durch die Greenhouse-Geisser-Korrektur konnte jedoch ein signifikanter Unterschied zwischen den einzelnen Gruppen über die Zeit in Bezug auf die verabreichten *Rescue* Analgetika des Opioid Typs nachgewiesen werden ($p=0,005$). In der Tabelle 20 sind diese Ergebnisse dargestellt.

Ein signifikanter Unterschied der verordneten *Rescue* Analgetika der Opioid Gruppe konnte, wie der Tabelle 21 zu entnehmen ist, bei der Betrachtung der *between-subjects effects* nicht festgestellt werden ($p=0,053$).

	Typ III Quadrat- summe	Freiheits- grade	Mittel der Quadrate	F	Sig.	Partielles Eta Quadrat
Zeitpunkt	3,80	1,90	2,00	1,96	0,146	0,02
Zeitpunkt *	15,21	3,81	4,00	3,93	0,005	0,08
Gruppe						
Fehler	168,59	165,64	1,02			
(Zeitpunkt)						

Tabelle 20 Test of Within-Subjects Effects der Rescue Analgetika der Opioid Gruppe

	Typ III Quadratsumme	Freiheits- grade	Mittel der Quadrate	F	Sig.	Partielles Eta Quadrat
Gruppe	30,83	2,00	15,42	3,03	0,053	0,07
Fehler	442,01	87,00	5,08			

Tabelle 21 Test of Between-Subjects Effects der Rescue Analgetika der Opioid Gruppe

Im Zuge des paarweisen Vergleichs konnte keine signifikante Korrelation zwischen der Einnahme von *Rescue* Analgetika des Opioid Typs zu den Untersuchungszeitpunkten nachgewiesen werden.

Verglich man die Gruppen pro Zeitpunkt, so zeigte sich ein signifikanter Unterschied zwischen der *PCIA* Gruppe und der *IAK* Gruppe zum Zeitpunkt T1 sowie zum Zeitpunkt T2. Zu diesen Zeitpunkten hatten die Patienten in der *IAK* Gruppe durchschnittlich signifikant mehr Opioide eingenommen.

Im Rahmen des Vergleichs der Untersuchungszeitpunkte pro Gruppe zeigte sich in der *IAK* Gruppe eine signifikante Abnahme der Opioide zwischen den Untersuchungszeitpunkten T1 und T4 sowie T1 und T5. Diese Abnahme lässt sich der Abb. 14 entnehmen.

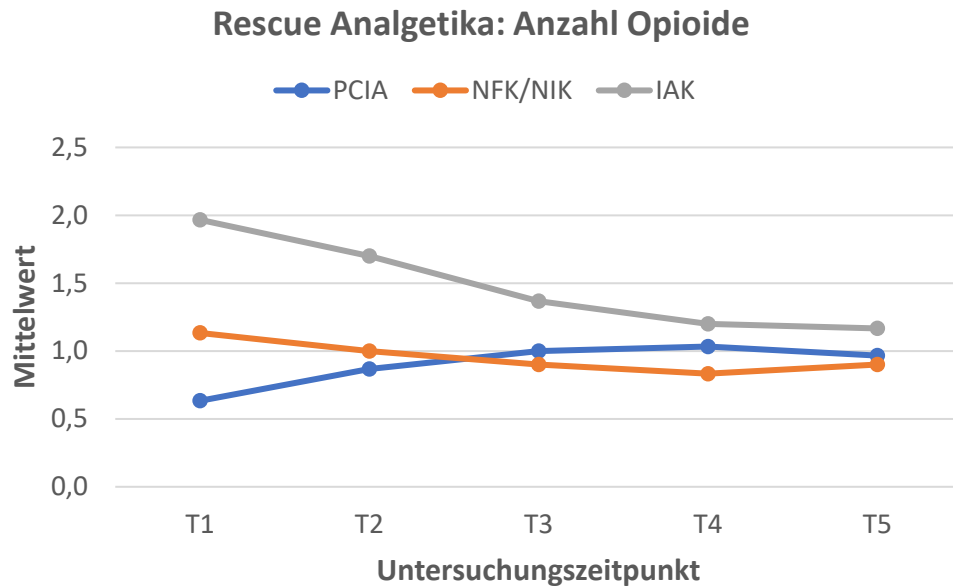


Abb. 14 Geschätzte Randmittel *Rescue* Analgetika der Opioid Gruppe

In dieser eigenen Abbildung wurde die Einnahme von *Rescue* Analgetika der Opioid Gruppe jeder Studiengruppe über die Zeit dargestellt.

3.4.2 NOA

Im Rahmen der zweifaktoriellen Varianzanalyse, welche mittels Greenhouse-Geisser-Korrektur durchgeführt wurde und in der Tabelle 22 dargestellt ist, konnte gezeigt werden, dass es keinen signifikanten Unterschied zwischen den postoperativen Untersuchungszeitpunkten und der Einnahme der *Rescue* Analgetika von NOA Typ gab ($p=0,816$). Mit dieser Methode konnte ebenfalls kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen über die Zeit bei der Einnahme von *Rescue* Analgetika der NOA Gruppe nachgewiesen werden ($p=0,149$).

In der Tabelle 23 zeigt sich, dass durch die Untersuchung der between-subjects effects kein signifikanter Unterschied der verabreichten *Rescue* Analgetika der NOA Gruppe für die einzelnen Studiengruppen gezeigt werden konnte ($p=0,359$).

	Typ III Quadrat- summe	Freiheits- grade	Mittel der Quadrate	F	Sig.	Partielles Eta Quadrat
Zeitpunkt	1,68	2,27	0,74	0,24	0,816	0,00
Zeitpunkt * Gruppe	23,63	4,55	5,19	1,67	0,149	0,04
Fehler (Zeitpunkt)	613,89	197,86	3,10			

Tabelle 22 Test of Within-Subjects Effects der *Rescue* Analgetika der NOA Gruppe

	Typ III Quadratsumme	Freiheitsgrade	Mittel der Quadrate	F	Sig.	Partielles Eta Quadrat
Gruppe	102,22	2,00	51,11	1,04	0,359	0,02
Fehler	4289,61	87,00	49,31			

Tabelle 23 Test of Between-Subjects Effects der *Rescue* Analgetika der NOA Gruppe

Durch den paarweisen Vergleich zeigte sich, wie der Abb. 15 zu entnehmen ist, keine Korrelation zwischen den eingenommenen *Rescue* Analgetika der NOA Gruppe und den Untersuchungszeitpunkten. Ebenfalls konnte bei der getrennten Untersuchung der Gruppen keine Korrelation der verabreichten *Rescue* Analgetika der NOA Substanzklasse gefunden werden.

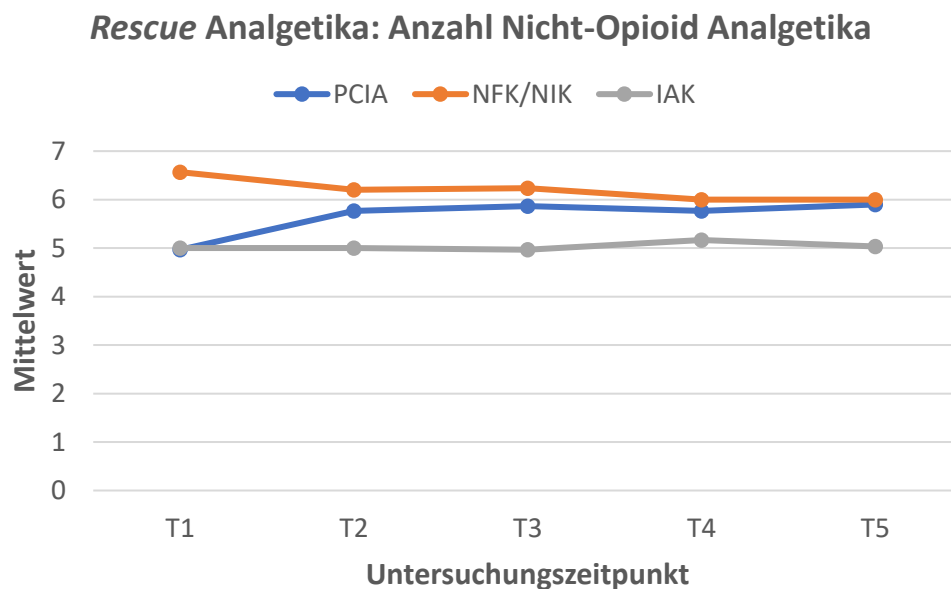


Abb. 15 Geschätzte Randmittel der *Rescue* Analgetika NOA

Diese selbsterstellte Grafik repräsentiert die eingenommenen *Rescue* Analgetika der NOA Gruppe jeder Studiengruppe über die Zeit.

3.5 Zufriedenheit mit der Behandlung

Die Zufriedenheit der Patienten mit der gesamten stationären Betreuung und Operation wurde am letzten Untersuchungszeitpunkt T6 gemessen (vgl. 2.9.6). Es konnten insgesamt 79 Patientendaten erhoben werden.

Im Rahmen dieser Studie wurden die Ergebnisse in drei Kategorien eingeteilt. Insgesamt gaben 91,14% an, wie in Tabelle 24 zu sehen, mit der perioperativen Behandlung zufrieden gewesen zu sein. Insgesamt sagten n=4 Studienteilnehmer, dass sie weder zufrieden noch unzufrieden mit der Behandlung gewesen seien. Nur n=3 Patienten waren unzufrieden mit der gesamten perioperativen Behandlung.

Betrachtet man die Patientengruppen differenzierter, so waren 21 von 30 Patienten der PCIA Gruppe zufrieden mit der Behandlung. Bei den Studienprobanden, welche einen NFK/NIK erhielten, gaben 24 von 30 an mit der perioperativen Behandlung zufrieden gewesen zu sein. 27 von 30 Patienten, welche einen IAK erhielten, waren mit der Behandlung zufrieden

Zufriedenheit mit der Behandlung	Patienten	PCIA	NFK/NIK	IAK
zufrieden	72	21	24	27
unzufrieden	3	2	0	1
weder zufrieden noch unzufrieden	4	2	2	0
keine Angaben	11	5	4	2

Tabelle 24 Perioperative Zufriedenheit

3.6 Komplikationen

Im Rahmen der Auswertung der postoperativen Komplikationen wurden nur die Komplikationen erfasst, die nicht zu einem *Drop-out* führten. Es zeigt sich, wie in Tabelle 25 dargestellt, bei 85,37% der Patienten ein komplikationsloser Verlauf der postoperativen Phase.

In der PCIA Gruppe zeigten sich bei 3,66% der Patienten eine Komplikation. Ein Patient wurde aufgrund einer verzögerten Wundheilung revidiert. Die Revision fand jedoch erst nach Entlassung und erneuter Wiederaufnahme außerhalb des Erfassungszeitraums statt. Jeweils 1,22% (n=1) entwickelten einen temporären Harnverhalt sowie eine temporäre Niereninsuffizienz.

Bei den Patienten, welche mittels NFK/NIK behandelt wurden, war bei 4,88% der Patienten eine Komplikation aufgetreten. Ein Patient zeigte ein postoperatives Hämatom im OP-Gebiet, welches konservativ behandelt wurde. Ein Patient musste sich nach Ablauf des Studienzeitraumes einem Inlay Wechsel unterziehen. Jeweils ein Patient litt an einer

Rötung des Unterschenkels bei bekannte Stauungsdermatitis sowie ein weiterer an einer Schwellung des Unterschenkels ohne Thrombose-Nachweis.

Im Patientenkollektiv, welches mittels IAK behandelt wurde, zeigten 4,88% Patienten eine postoperative Komplikation. Ein Patient zeigte eine Keimbeseidlung mit *Enterococcus avium* im Kniegelenk. Ein weiterer Patient entwickelte ein postoperatives Hämatom im OP-Gebiet. Jeweils ein weiterer Patient zeigte im postoperativen Verlauf den Verdacht auf einen Myokardinfarkt, welcher sich jedoch nicht bestätigte, sowie eine akute Bronchitis.

Komplikationen	Patienten	Prozent
Keine	70	85,37%
Akute Bronchitis	1	1,22%
Hämatom	3	3,66%
Infektion mit <i>Enterococcus avium</i>	1	1,22%
Revision (Inlaywechsel)	1	1,22%
Revision (verzögerter Wundheilung)	1	1,22%
Rötung Unterschenkels	1	1,22%
Schwellung Unterschenkel	1	1,22%
Temporärer Harnverhalt	1	1,22%
Temporäre Niereninsuffizienz	1	1,22%
V.a. Myokardinfarkt	1	1,22%
Total	82	100,0%

Tabelle 25 Komplikationen

4 Diskussion

Seit Jahren steigen die Zahlen von Knieprothesen Implantationen in Deutschland stetig und zählen mittlerweile zu den 20 häufigsten elektiven Krankenhauseingriffen (9,10).

Im Rahmen des demografischen Wandels ist davon auszugehen, dass diese Zahl noch steigen wird (1,2). Eine Arthrose ist für betroffene Patienten eine schmerzhaftere Diagnose, welche die Lebensqualität der Betroffenen erheblich einschränkt (93). Im späten Stadium einer Arthrose ist eine Endoprothese die Methode der Wahl, um den Patienten eine schmerzfreie Bewegung zu ermöglichen und die Mobilität zu erhalten. In Deutschland sind rund 23,8% aller Arthrose Patienten von einer Gonarthrose betroffen (93). Die posttraumatisch induzierte Arthrose bildet hierbei einen Sonderfall und macht 21 bis 44% aller Gonarthrosen aus (5). Oftmals sind bei dieser Patientengruppe bereits multiple Operationen vorrangig oder sie haben bereits über einen längeren Zeitraum mit Einschränkungen und Schmerzen zu kämpfen. Insgesamt ist die Behandlung mit einer KTEP aufgrund einer posttraumatischen Gonarthrose mit erhöhten Risiken und Komplikationen für den postoperativen Verlauf verbunden (4,5,31).

In der vorliegenden Studie wurden die drei Analgesieverfahren, die *PCIA*, der NFK/NIK und der IAK im postoperativen Verlauf nach Implantation von KTEP bei posttraumatisch induzierten Gonarthrosen untersucht. Diese Studie wurde über einen Zeitraum von drei Jahren am BG Klinikum Duisburg durchgeführt. Alle Probanden litten an einer posttraumatischen Gonarthrose, welche die Implantation einer KTEP erforderlich machte.

Zusammenfassend konnten die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass die Auswahl des Analgesieverfahrens keinen signifikanten Einfluss auf die Schmerzen, Beweglichkeit und Mobilität bei den untersuchten Patienten zur Folge hatte. Vielmehr zeigte sich eine vergleichbare Verbesserung im Schmerzempfinden der Patienten bei allen Analgesieverfahren postoperativ und es konnten keine signifikanten Verbesserungen festgestellt werden, die auf die Auswahl der Analgesie Methode zurückzuführen wären. Generell zeigte sich erwartungsgemäß eine Verbesserung der Beweglichkeit, der Schmerzen anhand der VAS, der Punktzahl im KSS, der Beweglichkeit und Mobilität und eine Abnahme der Anzahl an *Rescue* Analgetika aller Patienten über die postoperativen Untersuchungszeitpunkte.

Auf der anderen Seite konnten in dieser Studie zwei signifikante Unterschiede zwischen den Analgesie Gruppen beobachtet werden. Zum einen konnte gezeigt werden, dass bei Patienten, welche mittels IAK behandelt wurden, direkt postoperativ eine erhöhte Menge an *Rescue* Analgetika der Opioid Substanzklasse abgerufen wurde im Vergleich zu Patienten der *PCIA* und NFK/NIK Gruppe.

Zum anderen war der NFK/NIK bei der Untersuchung der passiven Flexion zum Zeitpunkt T4 dem *PCIA* Verfahren und zum Zeitpunkt T6 der IAK Analgesie überlegen.

4.1 Studiendesign und Methoden

4.1.1 Patientenkollektiv

Die Daten des Patientenkollektivs wurde im BG Klinikum Duisburg im Zeitraum vom Juli 2016 bis Februar 2020 erhoben. Bei allen Patienten bestand eine posttraumatische Gonarthrose, welche eine Implantation einer KTEP notwendig machte.

Der Altersmedian in der vorliegenden Arbeit betrug 57 Jahre. Vergleicht man die Altersverteilung mit Zahlen aus dem Endoprothesenregister Deutschland aus 2018, so waren hier nur 25,5% der Patienten zum Zeitpunkt der KTEP Implantation zwischen 55 und 64 Jahre alt und der Alters Median betrug 69 Jahre (10). Wenn man jedoch davon ausgeht, dass sich bei Patienten mit einer posttraumatischen Gonarthrose aufgrund des stattgefundenen Traumas ein vorauseilender Verschleiß des Kniegelenkes einstellt und so früher die Indikation zur KTEP-Implantation gestellt wird, als bei Patienten mit einer primären Gonarthrose, spiegeln unsere Daten dies sehr gut wider. Die Arbeit von Julin et al. stellte heraus, dass die Mehrzahl der sekundären Arthrosen bei jüngeren Patienten ≤ 55 Jahren auftraten und stützt somit die Altersverteilung im Rahmen dieser Studie (37). Insgesamt wurden 67 Männer und 23 Frauen in dieser Studie eingeschlossen. Dies spiegelt ein Geschlechterungleichgewicht in der vorliegenden Untersuchung wider. Vergleicht man diese Verteilung mit der Gruppe der primär implantierten Knieprothesen in Deutschland im Jahr 2018 anhand des Endoprothesenregisters lässt sich ebenfalls eine Abweichung in der Geschlechterverteilung erkennen. Dabei wurden 38% Männer und 62% Frauen in Deutschland insgesamt operativ mittels KTEP bei Gonarthrose behandelt (10). Somit sind die hier erhobenen Daten nicht als repräsentativ für das deutsche Patientengesamtkollektiv anzusehen.

Die Studie von Julin et al. zeigt, dass auch in jüngeren Altersgruppen Frauen häufiger von einer Arthrose betroffen sind als Männer. Auch die Studie von Kutzner et al. schließt

sich dieser bedingten Geschlechterverteilung über das Alter an (84). Dahingegen präsentiert die Studie von Wu et al. jedoch eine ähnliche Alters- und Geschlechterverteilung wie in dieser Studie (32).

Das Patientenkollektiv wurde am BG Klinikum Duisburg generiert, welche aufgrund der Zuständigkeiten der Trägerschaft der Gesetzlichen Unfallversicherung vorwiegend Arbeits- und Wegeunfälle und deren Folgen behandelt. Es ist bekannt, dass Männer häufiger einen Arbeits- oder Wegeunfall erleiden (94). Dabei entfallen zwischen 69,6 bis 86% aller Arbeitsunfälle auf das männliche Geschlecht (94). Im Rahmen dieser Studie erlitten 82,2% der Patienten einen Arbeits- oder Wegeunfall.

Daher könnte die Geschlechterverteilung zugunsten von Männern mit der höheren Anzahl an Arbeitsunfällen in dieser Geschlechtergruppe zusammenhängen.

Als häufigste Ursache für eine operativ behandlungsbedürftige, posttraumatische Gonarthrose wird in Studien ein intra- beziehungsweise extraartikuläre Fraktur genannt (5,27). Hier ist die Tibiakopffraktur die häufigste Verletzung, die einer posttraumatischen Gonarthrose vorangeht und im weiteren Verlauf eine KTEP Versorgung notwendig macht. Im Rahmen dieser Studie war mit 36,0% ebenfalls eine Tibiakopffraktur mit begleitenden Kniebinnenläsionen der häufigste Grund für eine posttraumatische Arthrose. Insgesamt führten in 46,1% der Fälle eine Fraktur der Tibia, des Femurs oder der Patella mit gegebenenfalls vorhandenen Kniebinnenschäden zu einer posttraumatischen Gonarthrose. Danach folgten isoliert ligamentäre Traumata mit 32,6%. Im Rahmen dieser Studie gaben 27% der Studienteilnehmer an, an chronischen Schmerzen zu leiden. In der Studie von Breivik et al. gaben 17% der deutschen Bevölkerung an unter chronischen Schmerzen zu leiden (69). Dies zeigt, dass das hiesige Patientenkollektiv überdurchschnittlich oft an chronischen Schmerzen litt. Eine adäquate postoperative Analgesie kann die Entstehung von chronischen Schmerzen signifikant herabsetzen (70,71). Alle drei Analgesieverfahren konnten in der Studie die Schmerzen signifikant lindern und eine frühe Mobilisation möglich machen. Eines der Verfahren sollte somit jedem Patienten nach der KTEP angeboten werden.

4.1.2 Datenerhebung und Auswertung

Die erhobenen Datensätze sind nicht vollständig und die fehlenden Einzelwerte der Kontrollparameter wurden in dieser Studie mithilfe des Mittelwerts aus vorherigen und darauffolgenden Datenpunkten importiert (vgl. Kapitel 2.7). Die Gründe für die

fehlenden Einzeldaten wurden in dieser Studie nicht tiefer untersucht. Als mögliche Erklärung zeigte sich jedoch bei einigen Patienten eine mangelnde *Compliance* die gefragten Untersuchungswerte täglich zu notieren. Dieser teilweise inkonstante *Compliance* der Patienten wurde im Rahmen dieser Studie nicht weiter nachgegangen. Die Statistische Auswertung erfolgte nach etablierten Test Methoden. Die Auswertung wurde mit dem Programm SPSS vorgenommen. Die Unabhängigkeitsannahme des ANOVA Testverfahrens konnte bestätigt werden. Im Zuge der statistischen Auswertung durch den paarweisen Vergleich, zeigte sich, dass die Zuteilung der Gruppe keinen signifikanten Einfluss auf die Untersuchungsparameter hatte und somit die Randomisierungsannahme der Patientenzuteilung in den drei Gruppen bestätigt wurde. Zeigte sich im Rahmen der Testung ein signifikanter Haupteffekt, wurden weitere Analysen im Rahmen der Post-hoc Testung für die einzelnen Faktoren angeschlossen. Zudem muss beachtet werden, dass durch vermehrte unabhängige Hypothesen-Überprüfung die Rate an falsch positiven Ergebnissen steigt und dadurch eine vermehrte Fehler 1 Wahrscheinlichkeit. Mithilfe der Bonferroni-Korrektur in den parametrischen Post-hoc Tests wurde dies berücksichtigt.

4.2 Ergebnisse

4.2.1 VAS

Die VAS ist ein etabliertes Messinstrument zur Befragung der Schmerzen von Patienten und wird demnach häufig in Studien verwendet (46). Im Rahmen dieser Studie zeigte sich, dass alle drei Analgesieverfahren die Schmerzen in der postoperativen Phase senkten. Dies unterstreicht die Wirksamkeit jedes dieser drei bereits etablierten Analgesieverfahren nochmals. Die Arbeit zeigt, dass es keinen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen über den Untersuchungszeitraum in Bezug auf die VAS gab. Die Untersuchung der VAS zeigte zudem eine signifikante Korrelation zwischen den angegebenen VAS Werten präoperativ zu den Angaben der VAS Werte ab dem Zeitpunkt T2 postoperativ. Daraus lässt sich schließen, dass Patienten, die bereits präoperativ einen hohen Wert auf der VAS angegeben hatten, auch eine höhere Wahrscheinlichkeit hatten im postoperativen Verlauf hohe Messwerte auf der VAS anzugeben und höhere Schmerzen postoperativ zu erleiden. Diese Beobachtung konnte auch in anderen Studie gezeigt werden (70,95). Zudem bestätigt auch DeLeo in seiner Arbeit die Relevanz der

Reduktion des postoperativen Schmerzes in Bezug auf eine kurze stationäre Behandlung und die Zufriedenheit der Behandlung (7).

4.2.2 Beweglichkeit und Anheben gegen die Schwerkraft

Bei den Patienten aller Gruppen zeigte sich erwartungsgemäß eine signifikante Verbesserung in der Fähigkeit das betroffene Bein anzuheben zwischen den Zeitpunkten T1 und T6. Zum Zeitpunkt T1 waren signifikant mehr Patienten aus der NFK/NIK Gruppe in der Lage ihr operiertes Bein anzuheben als die Patienten aus der IAK Gruppe. Diese Beobachtung widerspricht der Erwartung von Kutzner et. al, dass der IAK den Streckapparat weniger hemmt und so eine bessere Kniegelenksbewegung möglich ist. Diese Beobachtung stützt eine der Haupt-Schlussfolgerungen dieser Studie, dass der IAK keinen relevanten Vorteil gegenüber dem NFK/NIK und der *PCIA* im Rahmen der frühen postoperativen Rehabilitation zeigt (84).

Die Bewegung im betroffenen Kniegelenk wurde im Rahmen dieser Studie mithilfe der Messung der *ROM* angegeben. Für alle drei Untersuchungsgruppen konnte eine signifikante Verbesserung der *ROM* Werte für die aktive und passive Flexion und Extension zwischen den Zeitpunkten T0 und T6 festgestellt werden.

Die Patienten, welche mittels NFK/NIK behandelt wurden, zeigten im Rahmen der Untersuchung der passiven Flexion signifikant höhere *ROM* Werte zum Zeitpunkt T4 im Gegensatz zur *PCIA* Gruppe und zum Zeitpunkt T6 als die IAK Gruppe. Zusammen mit der Beobachtung, dass die NFK/NIK Gruppe ihr operiertes Bein schneller gegen die Schwerkraft anheben konnten und weniger Opioide als die IAK Gruppe benötigten, kann auf eine Überlegenheit des NFK/NIK in der postoperativen Analgesie geschlossen werden. Diese Beobachtung widerspricht den Ergebnissen der Studie von Kutzner et. al welche den IAK in der postoperativen Behandlung nach KTEP den NFK/NIK als überlegen ansahen (84).

4.2.3 Mobilität

Die frühzeitige und adäquate Mobilisierung des operierten Kniegelenkes nimmt im postoperativen Verlauf eine entscheidende Rolle ein um das Operationsergebnis zu sichern und so eine Besserung der präoperativen Bewegung und Schmerzsituation im betroffenen Kniegelenk beizutragen (6). Im Rahmen dieser Studie konnte gezeigt werden,

dass alle Analgesieverfahren bei einer KTEP Implantation zu einer Steigerung der Mobilität im postoperativen Verlauf zwischen T1 und T5 führte.

Im Rahmen der Arbeit von Kutzner et al. konnte jedoch nachgewiesen werden, dass Patienten die mit einem IAK behandelt wurden schneller mobilisiert werden konnten (84). Als Grund dafür wird die fehlende Hemmung der knieumgreifenden Muskulatur, wie sie beispielsweise bei einem NFK/NIK aufgeführt wird, genannt. Diese Beobachtung wurde auch in anderen Studien bestätigt (86,96). Eine schnellere Mobilisation der Patienten der IAK Gruppe konnte in dieser Studie jedoch nicht bestätigt werden. Für dieses Ergebnis könnte ein bereits präoperativ höheres Schmerzniveau aufgrund von multiplen Voroperationen eine Erklärung sein. Im Schnitt erhielten die Studienpatienten 3 Voroperationen und 27% der Patienten erlitten chronische Schmerzen. Es zeigen sich demnach deutliche Unterschiede zwischen den Patienten mit posttraumatischer Gonarthrose und dem Studienkollektiv von Kutzner et al. was eine Erklärung, für die nicht vorhandene Überlegenheit des IAK in dieser Studie sein kann. Zudem könnten die invasiveren operativen Eingriffe selbst in bereits vernarbten und bereits geschädigten Geweben bei der KTEP Implantation aufgrund einer posttraumatischen Arthrose verantwortlich sein für ein eventuell schlechteres Outcome bei einer postoperativen Analgesie mittels IAK (29).

Diese Beobachtung lässt darauf schließen, dass für die postoperative Analgesie nach posttraumatischen KTEP ein IAK weniger gut geeignet sein könnte als bei idiopathischen KTEP Implantationen.

4.2.4 Knee Society Score

Die in dieser Studie erhobenen präoperativ *KSS* Werte waren höher als die postoperativ erreichten *KSS* Werte. Da der *KSS* nicht für die frühe postoperative Phase entwickelt wurde, war die Beobachtung, dass die Patienten in der frühen postoperativen Phase niedrigere *KSS* Werte im Vergleich zu T0 zeigten, zu erwarten. Es konnte jedoch kein signifikanter Unterschied zwischen den Untersuchungsgruppen in Bezug auf den *KSS* Wert gefunden werden. Daraus folgt, dass zwischen den Analgesie Gruppen keine Überlegenheit eines Verfahrens hinsichtlich der globalen Kniegelenksfunktion besteht. Bei allen 3 Analgesieverfahren verbesserte sich der *KSS* vom Zeitpunkt T5 zu T6 und zeigt dadurch, dass alle 3 Verfahren hinsichtlich der globalen Kniefunktion für die

postoperative Analgesie geeignet sind. Diese Beobachtung spiegelte sich auch in den Ergebnissen der Studie von Lonner et al. wieder, welche eine Steigerung der präoperativen KSS Werte durch eine Implantation einer KTEP bei posttraumatischen Gonarthrosen darlegen konnten (31).

Im Rahmen einer noch nicht publizierten *Follow-up* Studie am BG Klinikum Duisburg wird für das untersuchte Studienkollektiv der KSS nach einem Jahr postoperativ erhoben, um einen möglichen Effekt des Analgesieverfahrens auch im *Follow-up* zu untersuchen. Mit dem Ergebnis lässt sich somit auch eine bessere Aussage zur Funktionsverbesserung durch eine KTEP Implantation im Vergleich zu präoperativ treffen als im Rahmen der Beobachtung der frühen postoperativen Phase.

4.2.5 Rescue Analgetika

Die Studie von Duarte et. al bestätigt, dass der NFK/NIK eine wirksame Methode zur postoperativen Analgesie nach KTEP bildet. Die Patienten zeigten eine adäquate Schmerzreduktion und geringe Opioid Einnahmen (77). Dieser Beobachtung schließt sich auch die Untersuchung von Kutzner et al. an (84). Es wurde dort gezeigt, dass sowohl der IAK als auch der NFK/NIK adäquate Methoden zur postoperativen Analgesie nach KTEP darstellen, mit vergleichbarem Opioidbedarf.

Bezogen auf die Einnahme von NOA *Rescue* Analgetika konnte kein signifikanter Einfluss der Analgetika Verfahren festgestellt werden. In Bezug auf den Verbrauch von Opioid *Rescue* Analgetika konnten jedoch signifikante Unterschiede zwischen den Patientengruppen beobachtet werden. Die Patienten der IAK Gruppe zeigten im Durchschnitt einen höheren Verbrauch an *Rescue* Analgetika des Opioid Typs und nahmen zudem signifikant mehr Opioide zum Zeitpunkt T1 und T2 als die PCIA Gruppe ein. Im Rahmen anderer Arbeiten konnte diese Beobachtung jedoch nicht bestätigt werden (84,97). Insbesondere zeigte sich der IAK bezüglich des Opioidverbrauchs postoperativ entgegen der genannten Arbeiten nicht gleichwertig zu den anderen Verfahren. Insgesamt wurden in der PCIA Gruppe am wenigsten Opioide in den ersten Tagen postoperativ als *Rescue*-Analgesie verbraucht. Dieses Ergebnis könnte auf einen Bias zurückzuführen sein, indem bei der PCIA vom Ärztlichen Personal die zusätzliche Gabe eines Opioid-Analgetikums vermieden wurde aus Sorge vor einer Überdosierung.

Im Gegensatz dazu wurde möglicherweise beim IAK als neueres und unbekanntes Verfahren eher großzügig die Gabe eines *Rescue* Analgetikums unterstützt.

Der IAK führte, allerdings wie ausgeführt ebenfalls zu einer Schmerzreduktion und ab dem Untersuchungszeitpunkt T3 wurden im Vergleich nicht mehr Opioide eingenommen als bei den Alternativen Verfahren. Jedoch sollte bedacht werden, dass durch die orale Opioid Einnahme, das Risiko an Opioid-induzierten Nebenwirkungen steigt.

4.2.6 Postoperative Zufriedenheit

Es konnte gezeigt werden, dass die Mehrzahl der Patienten mit der perioperativen Behandlung zufrieden war. Aus anderen Studien ist bekannt, dass sich die Zufriedenheit der Patienten mit der Behandlung und das funktionelle Operationsergebnis gegenseitig bedingen. Mehrere Arbeiten haben gezeigt, dass im Gegensatz zur HTEP nach KTEP Implantation die Erwartung der Patienten häufig nicht erfüllt werden. So zeigte sich in der Studie von Gibon et al., dass bei 10-15% der Patienten die präoperativen Erwartungen im Rahmen der operativen Behandlung nicht erfüllt wurden (53). Die Studie von Bourne et al. zeigte, dass rund 19% mit der KTEP Implantation nicht zufrieden waren (47). Gunaratne et al. spricht in seiner Studie davon, dass 20% aller Patienten nicht zufrieden mit ihrer KTEP sind (98). Die Studienpatienten gaben oftmals schmerzhaftes Voroperationen und einen hohen Leidensdruck an. Deswegen waren trotz postoperativer Schmerzen 91,14% der Patienten mit posttraumatischer Arthrose innerhalb eines kurzen *Follow-up* Zeitraums zufrieden mit der perioperativen Behandlung.

Die Studie von Dunbar zeigt, dass die Patienten ihre Zufriedenheit eher auf die Schmerzreduktion zurückführten und unterstrich dabei nochmals die Relevanz einer adäquaten postoperativen Analgesie (33). Im Rahmen dieser Studie ließ sich beobachten, dass trotz eines erhöhten Opioid Bedarfs in der IAK Gruppe diese Patienten die höchste Zufriedenheit mit der perioperativen Behandlung dieser Studie aufwiesen. Insgesamt waren 27 der 30 IAK Gruppe mit der perioperativen Behandlung zufrieden. Dies könnte darauf verweisen, dass ein erhöhter Bedarf an oralen *Rescue* Analgetika der Opioid Gruppe, möglicherweise keine Auswirkungen auf die perioperative Zufriedenheit der Patienten hat.

Es zeigte sich zwar, dass unsere Studienpopulation tendenziell zufriedener war als Patienten aus vergleichbaren Studien (47,53). Für die Einordnung dieses Ergebnisses muss jedoch berücksichtigt werden, dass es sich um einen Untersuchungszeitraum in den

ersten postoperativen Tagen handelt. Über die Zufriedenheit im mittel- bis langfristigen Verlauf wird eine noch nicht publizierte *Follow-up* Studie Auskunft geben. Zudem handelt es sich bei dem hier untersuchten Kollektiv um Patienten, die bereits schmerzhaft Voroperationen und das initiale Trauma mit in die Behandlung bringen. Die Gonarthrose und der hieraus resultierende Leidensdruck in Kombination mit den Patientenerfahrungen könnte möglicherweise die hohe subjektive Zufriedenheit erklären (48). Hier könnte möglicherweise die Erwartungshaltung an die KTEP und der eventuell damit verbundenen Hoffnung auf eine schmerzfrei Kniefunktion eine Rolle spielen (33).

4.3 Komplikationen

Bei der Implantation einer KTEP bestehen für den Patienten peri- und postoperative Risiken, die mit diesem invasiven Verfahren einhergehen. Es wird zwischen dem allgemeinen und dem speziellen Operationsrisiko unterschieden. Die allgemeinen Operationsrisiken machen 1,4% bei primären Knieprothesen Implantationen aus (2). Zu ihnen werden laut Institut für Qualitätssicherung und Transparenz im Gesundheitswesen (IQTIG) internistische Komplikationen wie eine Thrombose, Embolie, akute Niereninsuffizienz, kardiovaskuläre Risiken oder eine Pneumonie gewertet (2). Daneben bestehen analog zu allen operativen Eingriffen die Gefahr von Blutungen, einer Gefäß- oder Nervenverletzungen, Infektionen sowie Komplikationen im Rahmen der Narkose. Zudem gehen Knieprothesen mit speziellen Risiken einher, wie insbesondere einer intraoperativen Fraktur oder einer fehlerhaften Implantatpositionierung. Die spezifische Komplikationsrate bei primären Knieprothesen betrug laut Erhebung der Zahlen für 2018 in Deutschland rund 1,05% (2). Daneben berichteten andere Studien von der Gefahr einer anhaltenden Bewegungseinschränkung sowie fortbestehende Schmerzen im postoperativen Verlauf, welche das Operationsergebnis negativ beeinflussen können (41,44,45).

In dieser Studie wurden, bedingt durch das Studiendesign, ausschließlich die Komplikationen innerhalb der ersten 14 postoperativen Tage betrachtet. Alle Auffälligkeiten und Verdachtsdiagnosen während dieser Phase wurden als Komplikationen gewertet. In dieser Studie zeigte sich bei 85,37% der Patienten ein komplikationsloser postoperativer Verlauf.

Beim Vergleich der Zahlen für ganz Deutschland zeigte sich 2018 bei 0,06% der Patienten einer mechanische Komplikation nach der Knieprothesen Implantation und damit ein niedrigeres Ergebnis als bei dieser Studie (2).

Ein Studienteilnehmer entwickelte eine postoperative Infektion. Vergleicht man dieses Ergebnis mit der Arbeit von Matziolis und Windisch die von einer 10-fach höheren Infektionsrate bei posttraumatischen KTEPs ausgeht, liegt die Infektrate in diesem Patientenkollektiv deutlich unter diesem Wert (99). An dieser Stelle muss allerdings im Hinblick auf den Vergleich sowohl mechanischer Komplikationen als auch Infekte erneut darauf hingewiesen werden, dass es sich um den sehr kurzen Beobachtungszeitraum der direkten postoperativen Phase bis zum Zeitpunkt der Entlassung aus der akutstationären Behandlung handelt und die mittlere Verweildauer der Patienten $\pm 13,2$ (SD 5,34) Tage betrug.

Im Rahmen dieser Studie mussten sich 2,44% der Patienten im Rahmen eines Inlaywechsels und einem Débridement bei verzögerter Wundheilung frühen Revisionseingriffen unterziehen. Im Vergleich mit der Untersuchung der IQTIG aus 2018 zeigt sich hier eine etwas höhere Revisionszahl mit 1,04% (2). Hier ist erneut zu beachten, dass Revisionsindikationen im mittel- bis langfristigen Verlauf in dieser Studie mit kurzem Beobachtungszeitraum nicht untersucht wurden.

In Bezug auf die Gruppe der internistischen Komplikationen zeigten 3,66% der Studienpatienten eine bestätigte internistische Komplikation. In Deutschland zeigt sich im Vergleich eine geringere allgemeinen Komplikationsrate für primär implantierte KTEP von 1,40% (2). Da im Rahmen dieser Studie alle Auffälligkeiten, auch kurzzeitig bestehende und Verdachtsdiagnosen als Komplikation gewertet wurden, zeigt sich naturgemäß eine deutlich erhöhte Komplikationsrate, welche jedoch unter Vorbehalt zu betrachten ist.

Die Studie von El-Galaly et al. zeigte auf, dass das Risiko für spätere Revisionseingriffe mit perioperativen Komplikationen im Rahmen der Implantation von primären KTEP steigt und bietet damit eine wichtige Erkenntnis, die helfen könnte Komplikationen möglichst zu verhindern (36). Insgesamt betrachtet, steigt das Risiko für allgemeine und spezifische Komplikationen im Rahmen von Knieprothesenwechseln deutlich an (2).

4.4 Limitationen

Diese Studie zeigt in verschiedenen Aspekten Limitationen. Alle Patienten erhielten in dieser Studie verschiedene Prothesentypen. In erster Linie wurden Prothesenmodelle aus dem Triathlon© System (Stryker, Kalamazoo, USA) verwendet. Daneben wurden noch sechs weitere Modelle implantiert. Daraus folgt unter Umständen eine unterschiedliche Gewebetraumatisierung und Invasivität des Eingriffs in Bezug auf die Prothesenmodelle. Dementsprechend konnte ein Einfluss des Prothesenmodells und die Verankerung auf die postoperativen Schmerzen und die Beweglichkeit des Kniegelenks nicht ausgeschlossen werden. Die Studie von Kutzner et al. verglich die postoperative Analgesie bei nur einem Prothesenmodell und schaffte somit einen besseren Vergleich der Analgesieverfahren in der Studienpopulation (84).

Die Studie von Singh et al. legt nahe, dass Patienten mit chronischen präoperativen Schmerzen mit einer höheren Wahrscheinlichkeit auch postoperativ ein erhöhtes Risiko tragen stärkere Schmerzen zu entwickeln (95). Im Rahmen dieser Arbeit wurde das chronische Schmerzgedächtnis jedoch nicht eingehend geprüft. Die Patienten wurden lediglich dazu befragt, ob sie unter chronischen Schmerzen litten. Hier wären eine tiefergehende Befragung und Datenerhebung wünschenswert gewesen. Insbesondere die Qualität des Schmerzes, die psychische Gesundheit, der Einfluss auf die Lebensqualität und das soziale Umfeld sollten mit einbezogen werden, da Studien hier eine wichtige Korrelation mit chronischen Schmerzen sehen (53).

Daneben wurden Teile der erhobenen Daten teilweise durch das subjektive Empfinden des Patienten beschrieben. So ist die VAS zwar ein etabliertes Testverfahren, um die Schmerzen eines Patienten darzustellen und zeigt im zeitlichen Verlauf auch eine gute Orientierung bezogen auf einen einzelnen Probanden. Jedoch ist Schmerz ein höchst subjektives und mehrdimensionales Ereignis (58). Dies könnte gegebenenfalls zu einer ungenauen vertikalen Vergleichbarkeit unter den Studienpatienten führen. Die individuellen Schmerzangaben spielen ebenfalls in den KSS ein, und spiegelt somit zu einem Anteil eine subjektive Empfindung wider. Durch die Verwendung von objektiven Messmethoden wie der ROM wurde dies in dieser Studie versucht zu objektivieren. Ebenfalls wurde im Rahmen dieser Studie nicht weiter untersucht, unter welchen Umständen die Patienten Rescue Analgetika verlangten. So wäre in weiteren

Untersuchungen zu überprüfen, ob Patienten bereits in der Erwartung von möglichen Schmerzattacken *Rescue* Analgetika abriefen. Im Rahmen dieser Überlegungen wäre es wünschenswert näher zu untersuchen, welche Erwartungen die Patienten in das ihnen zugeteilte Analgesieverfahren haben und ob ein eventuelles Misstrauen in die Wirksamkeit des Verfahrens gegebenenfalls zu einem höheren Bedarf an *Rescue* Analgetika führt.

Laut Studien handelt es sich um einen chronischen Schmerz, wenn dieser länger als drei beziehungsweise sechs Monate nach Behandlungsende der Grunderkrankung besteht (67,68). Das Ziel einer adäquaten postoperativen Analgesie besteht unter anderem die Bildung eines chronischen Schmerzes zu verhindern (70,71). In dieser Studie wurde jedoch nur der postoperative Schmerz in den ersten sechs postoperativen Tagen untersucht. Um eine allumfassende Beurteilung der Effektivität der postoperativen Analgesieverfahren zu untersuchen, wird eine *Follow-up* Untersuchung nach einem Jahr postoperativ mit Erfassung von Schmerzen, Gelenkfunktion und einer möglichen Schmerzchronifizierung durchgeführt. Dies insbesondere vor dem Hintergrund, dass man davon ausgehen muss, dass bis zu 20 % der Patienten nach KTEP chronische Schmerzen entwickeln (46,100).

Im Rahmen dieser Studie wurden die Erwartungshaltung bezüglich der KTEP Implantation nicht eruiert. Hier legen andere Studien nahe, dass Patienten mit einer unerfüllten Erwartungshaltung tendenziell unzufriedener mit der gesamten Behandlung waren und mehr Schmerzen im postoperativen Verlauf angegeben hatten, weshalb eine präoperative realistische Erwartungshaltung wichtig für die Zufriedenheit ist (47,53).

5 Schlussfolgerung

In dieser Studie konnte gezeigt werden, dass jedes der drei verglichenen Analgesieverfahren zur postoperativen Analgesie bei Patienten mit posttraumatischer KTEP grundsätzlich anwendbar ist. Alle drei Analgesieverfahren führten im postoperativen Verlauf zu einer Reduktion der Schmerzen, zu einer besseren Beweglichkeit und Mobilität und global verbesserten Kniefunktion über den frühen postoperativen Verlauf. Bei allen Gruppen sank der Bedarf an *Rescue* Analgetika über den Studienzeitraum. Die erhobenen Ergebnisse unterstützen somit die Verwendung jedes dieser drei Analgesieverfahren für den postoperativen stationären Verlauf nach primären KTEP Implantation bei posttraumatischer Gonarthrose.

Die Ergebnisse dieser Studie weisen darauf hin, dass kein Analgesieverfahren den anderen beiden wesentlich unter- oder überlegen war.

Bei der Beobachtung von zwei Kontrollparametern konnten jedoch signifikante Unterschiede zwischen den Analgesie Gruppen beobachtet werden. Zum einen zeigte die NFK/NIK Gruppe eine bessere passive Flexion zu zwei Zeitpunkten am Ende des Beobachtungszeitraumes, zum anderen benötigten die Patienten der IAK Gruppe zum Zeitpunkt in der frühen Beobachtungsphase mehr Opioid *Rescue* Analgetika. Hierdurch ergibt sich in der Zusammenschau der Gesamtergebnisse eine Tendenz zu einer Überlegenheit des NFK/NIK und eher zurückhaltende Indikation des IAK bei der KTEP Implantation bei posttraumatischen Gonarthrosen.

Anders als bei der Analgesie nach KTEP Implantation bei primärer Arthrose, die im Rahmen einer ähnlich angelegten Vergleichsstudie untersucht wurde, konnte diese Studie keine Überlegenheit des IAK für den frühen postoperativen Zeitraum bei posttraumatischen KTEP im Bereich der postoperativen Mobilität und *Rescue* Analgetika herausstellen.

Anhand dieser Studienergebnisse sollte, bei der speziellen Patientengruppe der posttraumatischen Arthrosen, wenn möglichen Alternativen in Bezug auf die postoperative Analgesie bestehen, der IAK eher nicht verwendet werden. Zum einen zeigte sich unter dem IAK ein erhöhter Opioid Bedarf, bei erhöhter Infektionsgefahr. Zum anderen konnte kein Vorteil des IAK im Rahmen der postoperativen Mobilisierung und Bewegung gezeigt werden.

Es wäre wünschenswert, diese Ergebnisse an einem Patientenkollektiv mit einer ausgeglichenen Geschlechter- und Altersverteilung zu überprüfen. Zudem sollte in nachfolgenden Studien die Erwartungshaltung an die KTEP präoperativ eruiert werden, da diese nach aktueller Literatur einen großen Einfluss auf die postoperativen Schmerzen haben kann und in dieser Studie nicht erhoben wurde. Im Rahmen einer *Follow-up* Studie am BG Klinikum Duisburg werden die Patienten des gleichen Kollektivs ein Jahr postoperativ nachuntersucht. Hierbei werden erneut die Funktion des Kniegelenks und die Schmerzen erfasst. Dadurch bietet sich die Möglichkeit, mögliche Effekte der Analgesieverfahren auch im Verlauf zu überprüfen. Zudem wird der Fokus der Folgestudie auf dem resultierenden Gangbild der Patienten und eine Schmerzchronifizierung liegen, die möglicherweise ebenfalls durch das Analgesieverfahren beeinflusst werden kann.

6 Literatur und Quellenverzeichnis

1. Jeffery AE, Wylde V, Blom AW, Horwood JP. “It’s there and I’m stuck with it”: Patients’ experiences of chronic pain following total knee replacement surgery. *Arthritis Care Res.* Februar 2011;63(2):286–92.
2. Bundesauswertung zum Erfassungsjahr 2018 Knieendoprothesenversorgung Qualitätsindikatoren und Kennzahlen, zitiert am 5.2.2020, https://iqtig.org/downloads/auswertung/2018/kep/QSKH_KEP_2018_BUAW_V02_2019-07-23.pdf
3. Statistisches Bundesamt, zitiert am 1.10.2020: <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Gesundheit/Krankenhaeuser/Tabellen/drg-operationen-insgesamt.html>
4. Hepp P, Klima S, von Dercks N, Marquass B, Jung H, Josten C. Knieendoprothetik bei posttraumatischer Arthrose. *Z Für Orthop Unfallchirurgie.* 23. August 2012;150(04):374–80.
5. Lunebourg A, Parratte S, Gay A, Ollivier M, Garcia-Parra K, Argenson J-N. Lower function, quality of life, and survival rate after total knee arthroplasty for posttraumatic arthritis than for primary arthritis. *Acta Orthop.* 4. März 2015;86(2):189–94.
6. Hube R, Mayr H, Pfitzner T, von Roth P. Umgang mit der Beugekontraktur in der primären Knieendoprothetik. *Z Für Orthop Unfallchirurgie.* 26. Juni 2015;153(03):328–30.
7. DeLeo JA. Basic science of pain. *J Bone Joint Surg Am.* April 2006;88 Suppl 2:58–62.
8. S2k-Leitlinie Gonarthrose, zitiert am 18.3.2021, https://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/033-004l_S2k_Gonarthrose_2018-01_1-verlaengert.pdf
9. Statistisches Bundesamt [Internet], zitiert am 1.10.2020, <https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Gesundheit/Krankenhaeuser/Tabellen/drg-operationen-insgesamt.html>
10. Endoprothesenregister 2019, zitiert am 25.9.2020, https://www.eprd.de/fileadmin/user_upload/Jahresbericht_2019_doppelseite_2.0.pdf
11. Spies C, Kastrup M, Kerner T, Melzer-Gartzke C, Zielke H, Kox WJ, Herausgeber. SOPs in Anästhesiologie und Schmerztherapie: Alle relevanten Standards

- und Techniken für die Klinik [Internet]. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 2013 [zitiert 27. September 2020]. Verfügbar unter: <http://www.thieme-connect.de/products/ebooks/book/10.1055/b-002-57140>
12. Brown TD, Johnston RC, Saltzman CL, Marsh JL, Buckwalter JA. Posttraumatic Osteoarthritis: A First Estimate of Incidence, Prevalence, and Burden of Disease: J Orthop Trauma. November 2006;20(10):739–44.
 13. Striebel HW. Die Anästhesie: Grundlagen, Formen der Allgemeinanästhesie, Lokal- und Regionalanästhesie, Besonderheiten, Narkoseprobleme, Nebenerkrankungen, fachspezifische Anästhesie, Aufwachraum, lebensrettende Sofortmaßnahmen [Internet]. 4. Aufl. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 2019 [zitiert 5. Februar 2020]. Verfügbar unter: <http://www.thieme-connect.de/DOI/DOI?10.1055/b-006-163370>
 14. Beaussier M. Fréquence, intensité, évolution et retentissements de la douleur postopératoire en fonction du type de chirurgie. Ann Fr Anesth Réanimation. Januar 1998;17(6):471–93.
 15. Busch CA, Shore BJ, Bhandari R, Ganapathy S, MacDonald SJ, Bourne RB, u. a. Efficacy of Periarticular Multimodal Drug Injection in Total Knee Arthroplasty: A Randomized Trial. J Bone Jt Surg. Mai 2006;88(5):959–63.
 16. Schünke M, Schulte E, Schumacher U, Voll M, Wesker K, Herausgeber. Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem: 182 Tabellen. 3., überarb. und erw. Aufl. Stuttgart: Thieme; 2011. 607 S. (Prometheus).
 17. Kohn D, Abermann E, Herausgeber. Expertise Knie. Stuttgart New York: Georg Thieme Verlag; 2016. 501 S. (Expertise Orthopädie und Unfallchirurgie).
 18. Aumüller G, Wolff W, Herausgeber. Anatomie: 208 Tabellen; [mit DVD zum Präp.-Kurs]. 2., überarb. Aufl. Stuttgart: Thieme; 2010. 1218 S. (Duale Reihe).
 19. Meier G, Büttner J, Herausgeber. Atlas der peripheren Regionalanästhesie: Anatomie – Sonografie – Anästhesie – Schmerztherapie [Internet]. 3. Aufl. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 2013 [zitiert 5. Februar 2020]. Verfügbar unter: <http://www.thieme-connect.de/products/ebooks/book/10.1055/b-002-57176>
 20. Ruchholtz S, Wirtz DC, Herausgeber. Orthopädie und Unfallchirurgie essentials: Intensivkurs zur Weiterbildung [Internet]. 3. Aufl. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 2019 [zitiert 5. Februar 2020]. Verfügbar unter: <http://www.thieme-connect.de/DOI/DOI?10.1055/b-006-160191>
 21. Niethard FU, Biberthaler P, Pfeil J. Orthopädie und Unfallchirurgie [Internet]. 8. Aufl. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 2017 [zitiert 25. September 2020]. Verfügbar

unter: <https://eref.thieme.de/10.1055/b-005-143648>

22. Kellgren JH, Lawrence JS. Radiological Assessment of Osteo-Arthrosis. *Ann Rheum Dis*. 1. Dezember 1957;16(4):494–502.
23. Kohn MD, Sassoon AA, Fernando ND. Classifications in Brief: Kellgren-Lawrence Classification of Osteoarthritis. *Clin Orthop Relat Res*. August 2016;474(8):1886–93.
24. Reiser M, Baur-Melnyk A, Glaser C. Arthrose. In: Reiser M, Baur-Melnyk A, Glaser C, Herausgeber. *Pareto-Reihe Radiologie Bewegungsapparat* [Internet]. 1. Auflage. 2007 [zitiert 25. September 2020]. Verfügbar unter: <https://eref.thieme.de/cockpits/0/0/coRadSBNS00023/4-40439>
25. Moseley JB, O'Malley K, Petersen NJ, Menke TJ, Brody BA, Kuykendall DH, u. a. A Controlled Trial of Arthroscopic Surgery for Osteoarthritis of the Knee. *N Engl J Med*. 11. Juli 2002;347(2):81–8.
26. Langfassung: S2k-LL Indikation Knieendoprothese , zitiert am 6.2.2020, https://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/033-052l_S2k_Knieendoprothese_2018-05.pdf.
27. Mehin R, O'Brien P, Broekhuysen H, Blachut P, Guy P. Endstage arthritis following tibia plateau fractures: average 10-year follow-up. *Can J Surg*. 1. April 2012;55(2):7–94.
28. Benazzo F, Rossi SMP, Combi A, Meena S, Ghiara M. Knee replacement in chronic post-traumatic cases. *EFORT Open Rev*. Mai 2016;1(5):211–8.
29. Hankemeier S. Knieendoprothetik bei posttraumatischer Arthrose. *Unfallchirurg*. Mai 2013;116(5):427–34.
30. Weiss NG, Parvizi J, Trousdale RT, Bryce RD, Lewallen DG. TOTAL KNEE ARTHROPLASTY IN PATIENTS WITH A PRIOR FRACTURE OF THE TIBIAL PLATEAU: *J Bone Jt Surg-Am Vol*. Februar 2003;85(2):218–21.
31. Lonner JH, Pedlow FX, Siliski JM. Total knee arthroplasty for post-traumatic arthrosis. *J Arthroplasty*. Dezember 1999;14(8):969–75.
32. Wu L, Xiong Y, Yan S, Yang Q. Total knee replacement for posttraumatic degenerative arthritis of the knee. *Chin J Traumatol Zhonghua Chuang Shang Za Zhi*. August 2005;8(4):195–9.
33. Dunbar MJ. Subjective outcomes after knee arthroplasty. *Acta Orthop Scand*. Januar 2001;72(sup301):1–63.
34. Murray DW, MacLennan GS, Breeman S, Dakin HA, Johnston L, Campbell MK,

- u. a. A randomised controlled trial of the clinical effectiveness and cost-effectiveness of different knee prostheses: the Knee Arthroplasty Trial (KAT). *Health Technol Assess* [Internet]. März 2014 [zitiert 8. April 2019];18(19). Verfügbar unter: <https://www.journalslibrary.nihr.ac.uk/hta/hta18190/>
35. Berninger MT, Friederichs J, Leidinger W, Augat P, Bühren V, Fulghum C, u. a. Effect of local infiltration analgesia, peripheral nerve blocks, general and spinal anesthesia on early functional recovery and pain control in unicompartmental knee arthroplasty. *BMC Musculoskelet Disord*. 24. Juli 2018;19(1):249.
36. El-Galaly A, Haldrup S, Pedersen AB, Kappel A, Jensen MU, Nielsen PT. Increased risk of early and medium-term revision after post-fracture total knee arthroplasty: Results from the Danish Knee Arthroplasty Register. *Acta Orthop*. 4. Mai 2017;88(3):263–8.
37. Julin J, Jämsen E, Puolakka T, Konttinen YT, Moilanen T. Younger age increases the risk of early prosthesis failure following primary total knee replacement for osteoarthritis: A follow-up study of 32,019 total knee replacements in the Finnish Arthroplasty Register. *Acta Orthop*. August 2010;81(4):413–9.
38. Iorio R, Healy WL, Applegate T. Validity of Preoperative Demand Matching as an Indicator of Activity after TKA: *Clin Orthop*. November 2006;452:44–8.
39. Amin AK, Clayton RAE, Patton JT, Gaston M, Cook RE, Brenkel IJ. Total knee replacement in morbidly obese patients: RESULTS OF A PROSPECTIVE, MATCHED STUDY. *J Bone Joint Surg Br*. Oktober 2006;88-B(10):1321–6.
40. Evans JT, Walker RW, Evans JP, Blom AW, Sayers A, Whitehouse MR. How long does a knee replacement last? A systematic review and meta-analysis of case series and national registry reports with more than 15 years of follow-up. *The Lancet*. Februar 2019;393(10172):655–63.
41. Scuderi GR. The Stiff Total Knee Arthroplasty. *J Arthroplasty*. Juni 2005;20:23–6.
42. Wirth CJ, Mutschler W, Neu J, Herausgeber. *Komplikationen Kompakt: Orthopädie und Unfallchirurgie* [Internet]. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 2016 [zitiert 30. September 2020]. Verfügbar unter: <http://www.thieme-connect.de/products/ebooks/book/10.1055/b-003-125873>
43. Brown III EC, Scuderi GR, Clarke HD. The Painful Total Knee Arthroplasty: Diagnosis and Management. *Orthopedics*. 1. Februar 2006;29(2):129–36.
44. Bachmeier CJM, March LM, Cross MJ, Lapsley HM, Tribe KL, Courtenay BG,

- u. a. A comparison of outcomes in osteoarthritis patients undergoing total hip and knee replacement surgery. *Osteoarthritis Cartilage*. Februar 2001;9(2):137–46.
45. Price AJ, Longino D, Rees J, Rout R, Pandit H, Javaid K, u. a. Are pain and function better measures of outcome than revision rates after TKR in the younger patient? *The Knee*. Juni 2010;17(3):196–9.
46. Wylde V, Bruce J, Beswick A, Elvers K, Gooberman-Hill R. Assessment of Chronic Postsurgical Pain After Knee Replacement: A Systematic Review: Assessing Chronic Pain After TKR. *Arthritis Care Res*. November 2013;65(11):1795–803.
47. Bourne RB, Chesworth BM, Davis AM, Mahomed NN, Charron KDJ. Patient Satisfaction after Total Knee Arthroplasty: Who is Satisfied and Who is Not? *Clin Orthop Relat Res*. Januar 2010;468(1):57–63.
48. Escobar A, Quintana JM, Bilbao A, Azkarate J, Guenaga JJ, Arenaza JC, u. a. Effect of patient characteristics on reported outcomes after total knee replacement. *Rheumatology*. 1. Januar 2007;46(1):112–9.
49. Reichel F, Innmann M, Gotterbarm T, Schiltenswolf M, Merle C. Prädiktoren für persistierende Schmerzen und Unzufriedenheit nach Kniegelenksendoprothese. *Schmerz* [Internet]. 20. Februar 2019 [zitiert 8. April 2019]; Verfügbar unter: <http://link.springer.com/10.1007/s00482-019-0359-1>
50. Schnurr C, Jarrous M, Güdden I, Eysel P, König DP. Pre-operative arthritis severity as a predictor for total knee arthroplasty patients' satisfaction. *Int Orthop*. Juli 2013;37(7):1257–61.
51. Zhang L, Ma J, Kuang M, Ma X. Comparison of Periarticular Local Infiltration Analgesia With Femoral Nerve Block for Total Knee Arthroplasty: a Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *J Arthroplasty*. Juni 2018;33(6):1972-1978.e4.
52. Peters ML, Sommer M, de Rijke JM, Kessels F, Heineman E, Patijn J, u. a. Somatic and psychologic predictors of long-term unfavorable outcome after surgical intervention. *Ann Surg*. März 2007;245(3):487–94.
53. Gibon E, Goodman MJ, Goodman SB. Patient Satisfaction After Total Knee Arthroplasty. *Orthop Clin North Am*. Oktober 2017;48(4):421–31.
54. Thiele K, Fussi J, Perka C, Pfitzner T. Berliner diagnostischer Algorithmus der schmerzhaften Knie-TEP. *Orthop*. Januar 2016;45(1):38–46.
55. Theodoridis T, Krämer † J, Herausgeber. *Injektionstherapie an der Wirbelsäule: Manual und Atlas* [Internet]. 3. Aufl. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 2017 [zitiert 27. September 2020]. Verfügbar unter: <http://www.thieme->

connect.de/products/ebooks/book/10.1055/b-003-128230

56. Swieboda P, Filip R, Prystupa A, Drozd M. Assessment of pain: types, mechanism and treatment. *Ann Agric Environ Med AAEM*. 2013;Spec no. 1:2–7.
57. Standl T, Schulte am Esch J, Treede R-D, Schäfer M, Bardenheuer HJ, Herausgeber. *Schmerztherapie* [Internet]. 2. Aufl. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 2010 [zitiert 27. September 2020]. Verfügbar unter: <http://www.thieme-connect.de/products/ebooks/book/10.1055/b-001-2167>
58. Brasseur L, Boukhatem B. [The epideiology of postoperative pain]. *Ann Fr Anesth Reanim*. 1998;17(6):534–9.
59. Skurtveit S, Furu K, Bramness J, Selmer R, Tverdal A. Benzodiazepines Predict Use of Opioids—A Follow-Up Study of 17,074 Men and Women. *Pain Med*. Juni 2010;11(6):805–14.
60. Kurtz A, Pape H-C, Silbernagl S, Bondke Persson A, Brenner B, Burckhardt G, u. a. *Physiologie* [Internet]. 8. Aufl. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 2018 [zitiert 4. Februar 2020]. Verfügbar unter: <https://eref.thieme.de/10.1055/b-006-149284>
61. Van Aken H, Wulf H, Niesel HC, Herausgeber. *Lokalanästhesie, Regionalanästhesie, Regionale Schmerztherapie* [Internet]. 3. Aufl. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 2010 [zitiert 28. September 2020]. Verfügbar unter: <http://www.thieme-connect.de/products/ebooks/book/10.1055/b-002-46970>
62. Grehl H, Reinhardt F, Herausgeber. *Checkliste Neurologie* [Internet]. 6. Aufl. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 2016 [zitiert 27. September 2020]. Verfügbar unter: <https://eref.thieme.de/10.1055/b-003-129347>
63. Dubin AE, Patapoutian A. Nociceptors: the sensors of the pain pathway. *J Clin Invest*. 1. November 2010;120(11):3760–72.
64. Böhni UW, Lauper M, Locher HA, Herausgeber. *Manuelle Medizin 1: Fehlfunktion und Schmerz am Bewegungsorgan verstehen und behandeln* [Internet]. 2. Aufl. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 2015 [zitiert 30. September 2020]. Verfügbar unter: <http://www.thieme-connect.de/products/ebooks/book/10.1055/b-003-106491>
65. Price DD. Psychological and Neural Mechanisms of the Affective Dimension of Pain. *Science*. 9. Juni 2000;288(5472):1769–72.
66. Colloca L, Ludman T, Bouhassira D, Baron R, Dickenson AH, Yarnitsky D, u. a. Neuropathic pain. *Nat Rev Dis Primer*. 21. Dezember 2017;3(1):17002.
67. Crofford LJ. Chronic Pain: Where the Body Meets the Brain. *Trans Am Clin Climatol Assoc*. 2015;126:167–83.

68. Merskey H, Bogduk N, International Association for the Study of Pain, Herausgeber. Classification of chronic pain: descriptions of chronic pain syndromes and definitions of pain terms. 2nd ed. Seattle: IASP Press; 1994. 222 S.
69. Breivik H, Collett B, Ventafridda V, Cohen R, Gallacher D. Survey of chronic pain in Europe: Prevalence, impact on daily life, and treatment. *Eur J Pain*. Mai 2006;10(4):287–287.
70. Puolakka PA, Rorarius MG, Roviola M, Puolakka TJ, Nordhausen K, Lindgren L. Persistent pain following knee arthroplasty: *Eur J Anaesthesiol*. Mai 2010;27(5):455–60.
71. Kehlet H, Jensen TS, Woolf CJ. Persistent postsurgical pain: risk factors and prevention. *The Lancet*. Mai 2006;367(9522):1618–25.
72. Beswick AD, Wylde V, Gooberman-Hill R, Blom A, Dieppe P. What proportion of patients report long-term pain after total hip or knee replacement for osteoarthritis? A systematic review of prospective studies in unselected patients. *BMJ Open*. 2012;2(1):e000435.
73. Bonnin MP, Basiglini L, Archbold HAP. What are the factors of residual pain after uncomplicated TKA? *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. September 2011;19(9):1411–7.
74. Sullivan M, Tanzer M, Reardon G, Amirault D, Dunbar M, Stanish W. The role of presurgical expectancies in predicting pain and function one year following total knee arthroplasty: *Pain*. Oktober 2011;152(10):2287–93.
75. Schug SA, Lavand’homme P, Barke A, Korwisi B, Rief W, Treede R-D. The IASP classification of chronic pain for ICD-11: chronic postsurgical or posttraumatic pain. *PAIN*. Januar 2019;160(1):45–52.
76. Bruce J, Quinlan J. Chronic Post Surgical Pain. *Rev Pain*. September 2011;5(3):23–9.
77. Duarte VM, Fallis WM, Slonowsky D, Kwarteng K, Yeung CKL. Effectiveness of Femoral Nerve Blockade for Pain Control After Total Knee Arthroplasty. *J Perianesth Nurs*. Oktober 2006;21(5):311–6.
78. Morin AM. [Regional anaesthesia and analgesia for total knee replacement]. *Anesthesiologie Intensivmed Notfallmedizin Schmerzther AINS*. August 2006;41(7–8):498–505.
79. Schwenk W, Freys SM, Kalff JC, Herausgeber. Perioperative Medizin [Internet]. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 2017 [zitiert 28. September 2020]. Verfügbar unter:

<http://www.thieme-connect.de/products/ebooks/book/10.1055/b-004-132227>

80. Nöth U, Rackwitz L, Clarius M. Herausforderungen der Fast-Track-Endoprothetik in Deutschland. *Orthop.* April 2020;49(4):334–7.
81. Nöth U, Geiser T, Kranich T, von Rottkay E, Reichert JC, Reyle-Hahn M, u. a. Fast-Track-Strategien in der Hüftendoprothetik. *Orthop.* April 2019;48(4):330–6.
82. Westphal KC, Hemme S, Baumann B. Frühergebnisse eines Fast-Track-Behandlungskonzepts (Enhanced Recovery Programm) im Bereich der primären Hüft- und Knieendoprothetik an einem großen Patientenkollektiv. *Dtsch Kongr Für Orthop Unfallchirurgie DKOU 2014* [Internet]. 2014 [zitiert 9. Dezember 2020]; Verfügbar unter: <http://www.egms.de/en/meetings/dkou2014/14dkou215.shtml>
83. Boden BP, Fassler S, Cooper S, Marchetto PA, Moyer RA. Analgesic effect of intraarticular morphine, bupivacaine, and morphine/bupivacaine after arthroscopic knee surgery. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg.* Februar 1994;10(1):104–7.
84. Kutzner KP, Paulini C, Hechtner M, Rehbein P, Pfeil J. [Postoperative analgesia after total knee arthroplasty: Continuous intra-articular catheter vs. continuous femoral nerve block]. *Orthopade.* Juli 2015;44(7):566–73.
85. Goyal N, McKenzie J, Sharkey PF, Parvizi J, Hozack WJ, Austin MS. The 2012 Chitranjan Ranawat Award: Intraarticular Analgesia After TKA Reduces Pain: A Randomized, Double-blinded, Placebo-controlled, Prospective Study. *Clin Orthop Relat Res.* Januar 2013;471(1):64–75.
86. Gómez-Cardero P, Rodríguez-Merchán EC. Postoperative Analgesia in TKA: Ropivacaine Continuous Intraarticular Infusion. *Clin Orthop Relat Res.* Mai 2010;468(5):1242–7.
87. Heo BH, Lee HJ, Lee HG, Kim MY, Park KS, Choi JI, u. a. Femoral nerve block for patient undergoing total knee arthroplasty: Prospective, randomized, double-blinded study evaluating analgesic effect of perineural fentanyl additive to local anesthetics. *Medicine (Baltimore).* September 2016;95(36):e4771.
88. Seet E, Leong WL, Yeo ASN, Fook-Chong S. Effectiveness of 3-in-1 Continuous Femoral Block of Differing Concentrations Compared to Patient Controlled Intravenous Morphine for Post Total Knee Arthroplasty Analgesia and Knee Rehabilitation. *Anaesth Intensive Care.* Februar 2006;34(1):25–30.
89. Huskisson EC. MEASUREMENT OF PAIN. *The Lancet.* November 1974;304(7889):1127–31.
90. Williamson A, Hoggart B. Pain: a review of three commonly used pain rating

scales: *Pain rating scales*. J Clin Nurs. August 2005;14(7):798–804.

91. Scuderi GR, Bourne RB, Noble PC, Benjamin JB, Lonner JH, Scott WN. The New Knee Society Knee Scoring System. Clin Orthop Relat Res. Januar 2012;470(1):3–19.
92. Insall JN, Dorr LD, Scott RD, Scott WN. Rationale of the Knee Society clinical rating system. Clin Orthop. November 1989;(248):13–4.
93. Lange C, Robert-Koch-Institut, Herausgeber. Daten und Fakten: Ergebnisse der Studie „Gesundheit in Deutschland aktuell 2012“. Berlin: Robert-Koch-Inst; 2014. 163 S. (Beiträge zur Gesundheitsberichterstattung des Bundes).
94. Arbeitsunfallgesehen 2018 zitiert am 14.10.2020, <https://publikationen.dguv.de/widgets/pdf/download/article/3680>
95. Singh JA, Gabriel S, Lewallen D. The Impact of Gender, Age, and Preoperative Pain Severity on Pain After TKA. Clin Orthop. November 2008;466(11):2717–23.
96. Dobrydnjov I, Anderberg C, Olsson C, Shapurova O, Angel K, Bergman S. Intraarticular vs. extraarticular ropivacaine infusion following high-dose local infiltration analgesia after total knee arthroplasty: a randomized double-blind study. Acta Orthop. Dezember 2011;82(6):692–8.
97. Nechleba J, Rogers V, Cortina G, Cooney T. Continuous Intra-Articular Infusion of Bupivacaine for Postoperative Pain Following Total Knee Arthroplasty. J Knee Surg. 27. Januar 2010;18(03):197–202.
98. Gunaratne R, Pratt DN, Banda J, Fick DP, Khan RJK, Robertson BW. Patient Dissatisfaction Following Total Knee Arthroplasty: A Systematic Review of the Literature. J Arthroplasty. Dezember 2017;32(12):3854–60.
99. Matziolis G, Windisch C. Die posttraumatische Arthrose – eine Herausforderung? Z Für Orthop Unfallchirurgie. 14. Oktober 2014;152(05):510–5.
100. Brander VA, Stulberg SD, Adams AD, Harden RN, Bruehl S, Stanos SP, u. a. Ranawat Award Paper: Predicting Total Knee Replacement Pain: A Prospective, Observational Study. Clin Orthop. November 2003;416:27–36.

7 Anhang

1: PATIENTEN-AUFKLÄRUNGSBOGEN ZUR FORSCHUNGSSTUDIE.....	77
2: EINWILLIGUNGSERKLÄRUNG	80
3: DEMOGRAPHISCHES FORMBLATT.....	81
4: KNEE SCORE.....	82
5: FUNCTIONAL SCORE	84
6: T0 UNTERSUCHUNGSBOGEN	85
7: T1-T5 UNTERSUCHUNGSBOGEN	86
8: T6 UNTERSUCHUNGSBOGEN	87
9: SCHMERZSCHEMA BG DUISBURG	88

1: Patienten-Aufklärungsbogen zur Forschungsstudie

„Postoperative Analgesie nach Implantation von Knie-totalendoprothesen bei posttraumatischer Gonarthrose – patient-controlled intravenous analgesia (PCIA) versus Nervus femoralis/ischiadicus Katheter (NFK/NIK) versus intraartikulärer Katheter (IAK)“

Liebe Patientin, lieber Patient,

Sie wurden eingeladen an einer klinischen Studie teilzunehmen.

Bevor Sie sich zur Teilnahme an dieser Studie entscheiden können, müssen Sie Wesen, Bedeutung und Tragweite sowie die Risiken und den möglichen Nutzen kennen. Lesen Sie sich die folgenden Informationen bitte sorgfältig durch.

Bei Unklarheiten oder Fragen oder wenn Sie weitere Informationen benötigen, wenden Sie sich bitte an uns. Lassen Sie sich Zeit und treffen Sie Ihre Entscheidung in Ruhe.

Ihr Chirurg hat Ihnen im Zusammenhang mit Ihrer Diagnose und geplanten Operation die Teilnahme an einer medizinischen Forschungsstudie vorgeschlagen. Wenn Sie sich für die Teilnahme entscheiden, werden Sie eine von 120 Personen sein, die in dieser Klinik in diese Forschungsstudie aufgenommen werden.

Bei Ihnen ist aufgrund eines vorausseilenden Verschleißes des Kniegelenkes nach einem vorangegangenen Unfall die Implantation einer KTEP vorgesehen. Diese Operation stellt einen Routineeingriff im orthopädisch-unfallchirurgischen Operationsspektrum dar.

Von großer Wichtigkeit für ein gutes postoperatives Ergebnis ist die Behandlung von postoperativen Schmerzen. Hier existieren zusätzlich zur Basis-Schmerztherapie auf Tablettenbasis mehrere gleichwertige Verfahren, die auch in unserem Hause Verwendung finden. In der Fachwelt konnte sich bisher keines der Verfahren hinsichtlich der Wirksamkeit eindeutig durchsetzen.

Ziel dieser Studie ist es, die Überlegenheit eines von drei Verfahren, die routinemäßig in der Behandlung von postoperativen Schmerzen eingesetzt werden, auszuschließen oder zu beweisen.

Die untersuchten Verfahren sind

- 1) die Schmerztherapie über eine Spritzenpumpe mit einem Opioid-Präparat, bei dem kontinuierlich über eine Venenverweilkanüle das Medikament verabreicht wird, und Sie zusätzlich die Möglichkeit haben, bei Schmerzspitzen eine Einmalgabe dieses Medikamentes verabreicht zu bekommen (mit entsprechender Obergrenze). Diese Spritzenpumpe wird sofort postoperativ bereitgestellt.

- 2) die Schmerztherapie mit einem regionalen Katheterverfahren, bei dem mit einem langwirksamen lokalen Betäubungsmittel die Nerven des Beines betäubt werden, die für die Schmerzleitung vom Knie zum Rückenmark/Gehirn zuständig sind. Der Narkosearzt legt hierzu kurz vor dem Eingriff 2 Katheter unter Kontrolle mit Ultraschall oder Elektrostimulation in die Leistenregion der betroffenen Seite. Postoperativ wird dann ebenfalls über eine Spritzenpumpe das Medikament verabreicht und die Dosis nach Wirkung gesteuert.
- 3) die Schmerztherapie mit einem im Gelenk liegenden Katheter, der kontinuierlich über eine Ballonpumpe ein langwirksames, potentes Lokalanästhetikum abgibt und so lokale Schmerzrezeptoren/Schmerzfasern betäubt. Dieser Katheter wird in der Operation durch den Chirurgen gelegt.

Am Tag vor der Operation werden Sie nach dem Zufallsprinzip einem der 3 gleichwertigen Verfahren zugeordnet und erhalten dann vom Anästhesisten oder Chirurgen alle notwendigen Informationen zum jeweiligen Verfahren, zu dem Sie im Rahmen der Aufklärung Ihre Zustimmung geben. Sollten Gegenanzeigen gegen eines der Verfahren vorliegen oder von Ihrer Seite das Ihnen zugewiesene Verfahren abgelehnt werden, werden Sie einer der anderen beiden Gruppen nach dem Zufallsprinzip zugeordnet.

Wir werden Sie am Tag vor der Operation an 5 Tagen nacheinander nach der Operation sowie zur Entlassung zum Ausmaß Ihrer Schmerzen befragen und Ihre Kniegelenksbeweglichkeit und -funktion untersuchen. Außerdem wird Ihr Bedarf an zusätzlichem Schmerzmittel, welches natürlich jederzeit verfügbar ist, Ihr Zugewinn an Mobilität in den Tagen nach der OP, eine Punktzahl in einem standardisierten Untersuchungsbogen (Knee Society Score, KSS, deutsche Version) und zur Entlassung Ihre Zufriedenheit mit der operativen Behandlung dokumentiert.

Alle drei Verfahren enden nach 3 Tagen nach der Operation, das heißt, die Katheter werden spätestens am Morgen des 3. Tages nach OP gezogen und die Venenverweilkanüle entfernt. Danach steht natürlich bis zur Entlassung die Basis-Schmerztherapie auf Tablettenbasis mit entsprechender Bedarfsmedikation zur Verfügung. Zur Erfassung des mittelfristigen Verlaufes werden Sie nach 12-24 Monaten nach der Operation zu einem weiteren Untersuchungstermin eingeladen, hier erfolgen dann erneut eine klinische Untersuchung sowie die Erhebung dreier Fragebögen (WOMAC, deutsche Version; PainDetect; PCS, deutsche Version). Zudem erfolgt eine Analyse ihres Gangbildes in unserem Athletikum Rhein Ruhr. Bitte bringen Sie daher zu diesem Termin Sportschuhe und eine kurze Hose (möglichst eng anliegende Kleidungsstücke) mit.

Persönliche Daten werden selbstverständlich nicht an dritte Personen weitergegeben, sondern unterliegen dem Datenschutz und der Ärztlichen Schweigepflicht. Die Anonymität Ihrer Daten wird selbstverständlich gewahrt. Die Einverständniserklärung wird benötigt, um Ihre Daten streng vertraulich und ausschließlich für wissenschaftliche Zwecke verwenden zu dürfen.

Sollten Sie noch Fragen haben, können sich per E-Mail ([bastian.mester@bg-klinikum-
duisburg.de](mailto:bastian.mester@bg-klinikum-
duisburg.de)) an uns wenden. Selbstverständlich besteht auch die Möglichkeit uns telefonisch zu erreichen (Dr. med. Bastian Mester 0203-76883759).

Dr. med. Peter-Michael Hax

Chefarzt,

Stellv. Ärztlicher Direktor

Dr. med. Nikolaus Brinkmann

Stellv. Chefarzt

Dr. med. Bastian Mester

Facharzt

2: Einwilligungserklärung

Ich _____, wurde ausführlich über die Art und Ausführung der Untersuchung aufgeklärt. Meine Fragen wurden ausreichend beantwortet und ich habe Art und Auswirkungen der Behandlungsmaßnahme und den Informationstext gänzlich verstanden. Meine Teilnahme ist freiwillig. Dementsprechend kann ich ohne Angabe von Gründen die Teilnahme jederzeit verweigern und widerrufen. Nachteile für mich bzw. meine Behandlung entstehen nicht.

Duisburg, den _____

Name des Patienten: _____

Geburtsdatum: _____

Unterschrift Patient

Unterschrift Arzt

Erklärung zum Datenschutz

Ich bin damit einverstanden, dass meine, im Rahmen dieser Studie erhobenen Daten, insbesondere Krankheitsdaten, in Computern gespeichert und verarbeitet werden sowie zu wissenschaftlichen Zwecken veröffentlicht werden.

Ferner erkläre ich mein Einverständnis, dass an der Studie beteiligte Personen in die, mit meinen Personalien versehene Krankenakte, Einsicht nehmen dürfen, soweit dies zur Prüfung der vollständigen und korrekten Übertragung sowie der ordnungsgemäßen Durchführung der Studie notwendig ist.

Duisburg, den _____

Name des Patienten: _____

Geburtsdatum: _____

Unterschrift Patient

Datum: _____

3: Demographisches Formblatt

Name: _____

Geburtsdatum: _____

Straße: _____

Wohnort: _____

Telefonnummer: _____ E-Mail: _____

Geschlecht: ☐ Männlich ☐ Weiblich

Körpergröße: _____ Körpergewicht: _____

Beruf: _____

Nikotinkonsum: ☐ Nein ☐ Ja, _____ Zigaretten/Tag

Alkoholkonsum: ☐ Nein ☐ Ja, _____ /Tag

Allergien: ☐ Nein ☐ Ja, _____

Unfallunabhängige Vorerkrankungen:

- ☐ Koronare Herzerkrankung ☐ Hypertonus ☐ COPD / Asthma ☐ Diabetes
☐ Polyneuropathie ☐ Magengeschwür ☐ Darmerkrankung ☐ Nierenerkrankung
☐ Lebererkrankung ☐ Anämie / Blutkrankheit ☐ Krebs ☐ Depression
☐ Rheuma ☐ Schlaganfall

Chronische Schmerzen aufgrund anderer Erkrankung / Verletzung:

- ☐ Nein ☐ Ja, wegen _____

Vorerkrankungen an betroffener Extremität:

Regelmäßige Medikamenteneinnahme außer Analgesie (Präparate): _____

Krankheitsspezifische Anamnese für das betroffene Kniegelenk:

Unfalldatum: _____ Arbeits-/Wegeunfall: ☐ Nein ☐ Ja

Unfalldiagnose: _____

Anzahl Voroperationen: _____

Beschwerden mit Einschränkung in Alltag/Beruf seit: _____

Wochen/Monaten/Jahre

4: Knee Score

Name: _____ Datum: _____ ☐ T0

Knee Society Score ☐ T5

Patientenkategorie (nur zu T0 auszufüllen) ☐ T6

- ☐ Gegenseite o.B.
- ☐ Gegenseite mit Beschwerden
- ☐ Multiple Gelenkbeschwerden

A.Knee-Score (max. 100 P)

Schmerzen

- ☐ keine Schmerzen (50 P)
- ☐ leichte oder gelegentliche Schmerzen (45 P)
- ☐ immer leichte Schmerzen beim Treppensteigen (40 P)
- ☐ immer leichte Schmerzen beim Gehen und Treppensteigen (30 P)
- ☐ gelegentlich mäßige Schmerzen (20 P)
- ☐ ständig mäßige Schmerzen (10 P)
- ☐ starke Schmerzen (0 P)

= _____

Bewegungsumfang ROM: 1 P/5° (max. 125° = max. 25 P)

Extension _____ Flexion _____ ROM [°]/5 = _____

Stabilität

AP ☐ <5mm (10 P) ☐ 5-10mm (5 P) ☐ >10mm (0 P) = _____

medio-lateral ☐ <5° (15 P) ☐ 6-9° (10 P) ☐ 10-14° (5 P) ☐ >15° (0 P) = _____

Abzüge bei Streckdefizit (aktiv)

- ☐ 0° (0 P)
- ☐ < 10° (-5 P)
- ☐ 10°-20° (-10 P)
- ☐ > 20° (-15 P)

Abzüge bei Flexionskontraktur (passiv)

- ☐ 0° (0 P)
 - ☐ 5°-10° (-2 P)
 - ☐ 11°-15° (-5 P)
 - ☐ 16°-20° (-10 P)
 - ☐ >20° (-15 P)
-

Abzüge bei Malalignment (Achsabweichung femorotibial) (zu T0 und T6 zu bestimmen)

- ☐ 5°-10° Valgus (0 P)
- ☐ 0°-4° Valgus (-3 P / °)
- ☐ 11°-15° Valgus (-3 P / °)
- ☐ 0°-15° Varus (-20 P)

= _____

Gesamtpunkte A

=====

5: Functional Score

(max. 100 P)

Gehfähigkeit

- | | |
|--|--------|
| ☐ Ich kann unbegrenzt gehen. | (50 P) |
| ☐ Ich kann mehr als 1 km gehen. | (40 P) |
| ☐ Ich kann 500 - 1000 m gehen. | (30 P) |
| ☐ Ich kann weniger als 500 m gehen. | (20 P) |
| ☐ Ich bin an das Haus gebunden. | (10 P) |
| ☐ Ich kann gar nicht gehen. | (0 P) |

Treppensteigen

- | | |
|--|--------|
| ☐ Ich kann normal treppauf und treppab gehen. | (50 P) |
| ☐ Ich kann eine Richtung normal gehen, die andere nur mit Problemen. | (40 P) |
| ☐ Ich gehe treppauf und treppab mit Problemen. | (30 P) |
| ☐ Ich gehe eine Richtung mit Problemen, die andere ist nicht möglich. | (15 P) |
| ☐ Ich kann keine Treppen gehen. | (0 P) |

Abzüge bei

- | | |
|---|---------|
| ☐ 1 Gehstock / -stütze | (-5 P) |
| ☐ 2 Gehstöcke / -stützen | (-10 P) |
| ☐ Gehbank / Rollator, Achselstützen etc. | (-20 P) |

Gesamtpunkte B

6: T0 Untersuchungsbogen

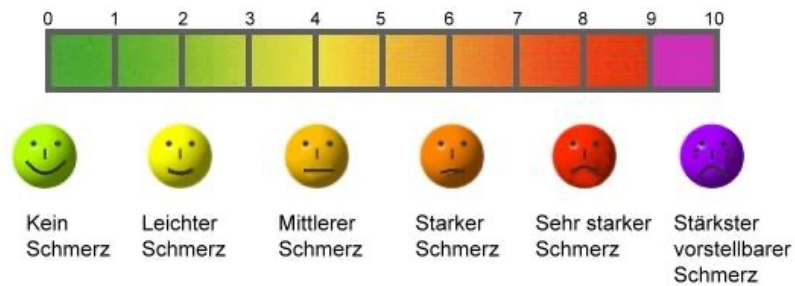
Postop Analgesie nach KTEP-Implantation bei posttraumatischer Gonarthrose

Name: _____

Datum: _____

Untersuchungszeitpunkt T0 (Aufnahme)

Schmerzen bei Bewegung/Belastung



Beweglichkeit:

Aktiv Extension / Flexion/...../.....

Passiv Extension / Flexion/...../.....

Betroffenes Bein gegen die Schwerkraft gestreckt anheben Ja ☐ Nein ☐

gegebenenfalls Haus-Analgetika:

7: T1-T5 Untersuchungsbogen

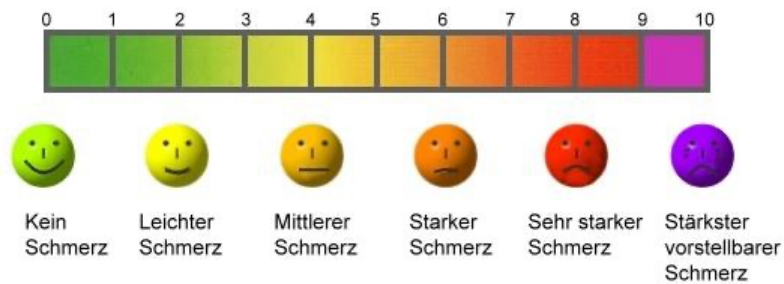
Postop Analgesie nach KTEP-Implantation bei posttraumatischer Gonarthrose

Name: _____

Datum: _____

T1 ☐ T2 ☐ T3 ☐ T4 ☐ T5 ☐

Schmerzen bei Physiotherapie



Beweglichkeit:

Aktiv Extension / Flexion/...../.....

Passiv Extension / Flexion/...../.....

Betroffenes Bein gegen die Schwerkraft gestreckt anheben Ja ☐ Nein ☐

Postoperative Mobilität:

Keine ☐
Stehen am Bett ☐
Gehen im Zimmer ☐
Gehen im Flur ☐
Treppensteigen ☐

Rescue-Analgetika:

Buprenorphin (0,2mg s.l.) _____

Oxycodon (10 mg p.o.) _____

Piritramid (7,5mg i.v. als KI) _____

Andere _____

Targin (10/5mg p.o.) _____

8: T6 Untersuchungsbogen

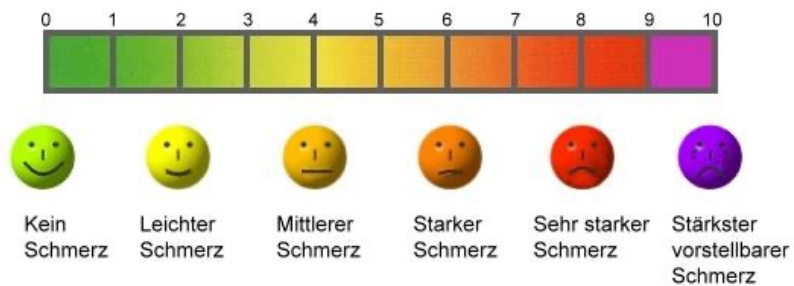
Postop Analgesie nach KTEP-Implantation bei posttraumatischer Gonarthrose

Name: _____

Datum: _____

Untersuchungszeitpunkt T6 (ein Tag vor Entlassung)

Schmerzen bei Physiotherapie



Beweglichkeit:

Aktiv Extension / Flexion/...../.....

Passiv Extension / Flexion/...../.....

Betroffenes Bein gegen die Schwerkraft gestreckt anheben Ja ☐ Nein ☐

Postoperative Mobilität:

Keine ☐

Stehen am Bett ☐

Gehen im Zimmer ☐

Gehen im Flur ☐

Treppensteigen ☐

Zufriedenheit mit der operativen Behandlung:

Sehr zufrieden überhaupt nicht zufrieden

9: Schmerzschema BG Duisburg

Schema B

Mäßig schmerzhafte Knochen- und Weichteileingriffe bzw. Verletzungen

Medikamente werden möglichst oral verabreicht. Am OP-Tag, bei Nahrungskarenz, Unverträglichkeit oder Unwirksamkeit steht jeweils eine i.v. Alternative zur Verfügung. Diese soll grundsätzlich als KI (Kurzinfusion in 100 ml NaCl 0,9% über 20-30 min) verabreicht werden.

Schema B 1 (ohne erhöhtes gastrointestinales Risiko)

Basistherapie

- 3 x 600 mg Ibuprofen Tbl. (zzgl. 1 x 20 mg Omeprazol nur bei Risiko u./o. > 60 Jahre),
ersatzweise 2 x 40 mg Parecoxib (Dynastat®) **und**
- 3 x 500 (initial bei Pat.< 70kg KG) bis 1000 mg Metamizol (z.B. Novalgin®)

Schema B 2 (mit erhöhtem gastrointestinales Risiko)

Basistherapie

- 1 x 90 mg Etoricoxib (Arcoxia®) oral,
ersatzweise bei art. Hypertonie 2 x 200 mg Celecoxib (Celebrex®),
ersatzweise 2 x 40 mg Parecoxib (Dynastat®) (am OP-Tag immer, falls 1. Gabe
im OP oder AWR gegeben wurde) **und**
- 3 x 500 (initial bei Pat.< 70kg KG) bis 1000 mg Metamizol (z.B. Novalgin®)

Schema B 3 (NSAR kontraindiziert)

Basistherapie

- 4 x 500 (initial bei Pat.< 70kg KG) bis 1000 mg Metamizol (z.B. Novalgin®)

Bedarfsmedikation B1 – B3 gemäß Interventionsregel

- 0,2 mg Buprenorphin (Temgesic®) sublingual,
Mindestabstand 60 min (bei 1. Gabe, danach 120 min) max. 1,2 mg / Tag ohne Rücksprache
- ersatzweise 7,5 mg Piritramid (Dipidolor®)
Mindestabstand 120 min, max. 15 mg in 6 Std. ohne Rücksprache

Danksagung

An dieser Stelle möchte mich bei allen Menschen bedanken, die mich während der Zeit meiner Dissertation unterstützt haben.

Besonders danken möchte ich meinem Doktorvater Herrn Prof. Dr. med. Heinz-Herbert Homann sowie meinem Zweitgutachter Herrn Prof. Dr. med. Joachim Windolf für die hervorragende Unterstützung und komplikationslose Betreuung.

Ebenso möchte ich mich bei meinem Betreuer Herrn Dr. med. Bastian Mester für seine kompetente Hilfe und intensive Betreuung bedanken. Dieser Dank gilt auch Frau Dr. rer. nat. Christine Seelmann, welche mich in der Erhebung der Daten unterstützte. Gleichmaßen möchte ich Herrn Dr. rer. nat. Tobias Ohmann für seine Betreuung danken.

Ich bedanke mich bei meiner Familie und meinen Freunden für die beständige Unterstützung während meiner Dissertation.