

Relevanz der patellofemorale Inlay-Prothese in der Behandlung der patellofemorale Arthrose

Conrad Emil Ketzer

Vollständiger Abdruck der von der TUM School of Medicine and Health der Technischen Universität München zur Erlangung eines Doktors der Medizin (Dr. med.) genehmigten Dissertation.

Vorsitz: apl. Prof. Dr. Ute Reuning

Prüfende der Dissertation:

1. Priv.-Doz. Dr. Jonas Pogorzelski
2. apl. Prof. Dr. Rainer Burgkart

Die Dissertation wurde am 25.10.2023 bei der Technischen Universität München eingereicht und durch die TUM School of Medicine and Health am 09.04.2024 angenommen.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	II
Abbildungsverzeichnis.....	IV
Tabellenverzeichnis.....	IV
Abkürzungsverzeichnis	V
1. Einleitung.....	6
1.1 <i>Relevanz der patellofemorale Inlay-Prothese in der Behandlung der patellofemorale Arthrose</i>	<i>6</i>
1.2 <i>Fragestellung und Hypothese</i>	<i>8</i>
2. Material und Methoden	8
2.1 <i>Studiendesign und Patientenkollektiv</i>	<i>10</i>
2.2 <i>Diagnosestellung und Behandlungsalgorithmus</i>	<i>12</i>
2.3 <i>Indikation und Kontraindikation</i>	<i>13</i>
2.4 <i>Prothesendesign.....</i>	<i>14</i>
2.5 <i>Operationstechnik der patellofemorale Inlay-Arthroplastik</i>	<i>15</i>
2.6 <i>Begleiteingriffe</i>	<i>17</i>
2.6.1 <i>Indikationen für Begleiteingriffe.....</i>	<i>17</i>
2.6.2 <i>Rekonstruktion des medialen patellofemorale Ligaments</i>	<i>21</i>
2.6.3 <i>Tuberositas-Transfer</i>	<i>22</i>
2.6.4 <i>Variationsosteotomie und Derotationsosteotomie.....</i>	<i>22</i>
2.7 <i>Postoperative Nachbehandlung.....</i>	<i>23</i>
2.8 <i>Datenerhebung - subjektive Beurteilung</i>	<i>24</i>
2.8.1 <i>Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index</i>	<i>25</i>
2.8.2 <i>Lysholm-Knee-Score.....</i>	<i>26</i>
2.8.3 <i>Tegner-Aktivitätsskala</i>	<i>26</i>
2.8.4 <i>Visuelle Analogskala zur Schmerzbewertung.....</i>	<i>27</i>
2.8.5 <i>Konzipierter Fragebogen für Return-to-Sports</i>	<i>27</i>
2.9 <i>Datenerhebung - radiologische Beurteilung</i>	<i>28</i>
2.9.1 <i>Tibiofemorale Arthrose nach Kellgren-Lawrence</i>	<i>29</i>
2.9.2 <i>Patellofemorale Arthrose nach Iwano</i>	<i>30</i>
2.9.3 <i>TT-TG und TT-PCL-Abstand</i>	<i>30</i>
2.9.4 <i>Trochleadysplasie nach Dejour</i>	<i>32</i>
2.9.5 <i>Insall-Salvati-Index</i>	<i>34</i>
2.9.6 <i>Patella-Trochlea-Index nach Biedert.....</i>	<i>35</i>
2.10 <i>Statistische Auswertung.....</i>	<i>36</i>
3. Ergebnisse.....	37

3.1	<i>Klinische Ergebnisse und anatomische präoperative Risikofaktoren</i>	38
3.1.1	Klinische Evaluation.....	39
3.1.2	Radiologische Evaluation	41
3.2	<i>Return-to-Sports</i>	47
3.2.1	Klinische Evaluation.....	49
4.	Diskussion	52
4.1	<i>Klinische Ergebnisse und anatomische präoperative Risikofaktoren</i>	52
4.2	<i>Return-to-Sports</i>	57
4.3	<i>Limitationen</i>	61
5.	Zusammenfassung	63
6.	Literaturverzeichnis	68
7.	Anhänge	75
8.	Veröffentlichungen	76
9.	Danksagung	77

Abbildungsverzeichnis

<i>Abbildung 1: HemiCAP® Wave Prothese</i>	14
<i>Abbildung 2: Bohrführung der HemiCAP® Wave Prothese</i>	15
<i>Abbildung 3: Intraoperative Fotos der HemiCAP® Wave Prothese</i>	16
<i>Abbildung 4: postoperative radiologische Kontrolle der Prothesenlage</i>	17
<i>Abbildung 5: Vermessung der femoralen Antetorsion und Tibiatorsion</i>	19
<i>Abbildung 6: Vermessung der mechanischen Beinachse</i>	20
<i>Abbildung 7: Vermessung des Caton-Deschamps-Index</i>	21
<i>Abbildung 8: Kellgren-Lawrence Klassifikation für Osteoarthritis des femoropatellaren Gelenks</i>	29
<i>Abbildung 9: Iwano-Klassifikation für Osteoarthritis des patellofemorales Gelenks</i>	30
<i>Abbildung 10: Vermessung des TT-TG-Abstands</i>	31
<i>Abbildung 11: Vermessung des TT-PCL-Abstands</i>	32
<i>Abbildung 12: Klassifikation der Trochleadysplasie nach Dejour</i>	33
<i>Abbildung 13: Vermessung des Insall-Salvati-Index</i>	35
<i>Abbildung 14: Vermessung des Patella-Trochlea-Index nach Biedert</i>	35
<i>Abbildung 15: Flowchart des Studienkollektivs</i>	37
<i>Abbildung 16: Vergleich zwischen erfolgreichen und gescheiterten Versorgungen nach PFIA</i>	42

Tabellenverzeichnis

<i>Tabelle 1: Erhebung von Patientendaten anhand der elektronischen Patientenakten</i>	10
<i>Tabelle 2: Einschlusskriterien der Teilbereiche</i>	11
<i>Tabelle 3: Indikationen für Begleiteingriffe</i>	18
<i>Tabelle 4: Fragebögen für die subjektive Beurteilung</i>	24
<i>Tabelle 5: Radiologische Messmethoden</i>	28
<i>Tabelle 6: Demographische Daten – Klinische Ergebnisse und anatomische präoperative Risikofaktoren</i>	39
<i>Tabelle 7: Ergebnisse des WOMAC-Scores</i>	40
<i>Tabelle 8: Ergebnisse des VAS- und Lysholm-Knee-Scores</i>	41
<i>Tabelle 9: Vergleich zwischen "non-Failure" und "Failure"</i>	43
<i>Tabelle 10: Verbesserung der klinischen Ergebnisse</i>	45
<i>Tabelle 11: Demographische Daten - Return-to-Sports</i>	47
<i>Tabelle 12: Vergleich der subjektiven sportlichen Verbesserung</i>	49
<i>Tabelle 13: Sportarten des Patientenkollektivs</i>	50

Abkürzungsverzeichnis

BMI	Body-Mass-Index
CDI	Caton-Deschamps-Index
CT	Computertomographie
DFO	Distale femorale Umstellungsosteotomie
HTO	Hohe tibiale Umstellungsosteotomie
ICC	Intraclass-Korrelationskoeffizienten
ISI	Insall-Salvati-Index
MCID	Minimally clinically important difference
MPFL	Mediales patellofemorales Ligament
MRT	Magnetresonanztomographie
OA	Osteoarthrose
PTI	Patella-Trochlea-Index nach Biedert
PFA	Patellofemorale Inlay-Arthroplastik
PFA	Patellofemorale Arthrose
RTS	Return-to-Sports
TEP	Totalendoprothese/ multikompartimentelle Prothese
TT-TG-Abstand	Tuberositas tibiae - Trochlea groove Abstand
TT-PCL-Abstand	Tuberositas tibiae - Posterior cruciate ligament Abstand
UKA	Unikompartimentelle Prothese
VAS	Visuelle Analogskala
WOMAC	Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index

In dieser Dissertation wird zur besseren Lesbarkeit und Übersichtlichkeit überwiegend die männliche Form verwendet. Dies dient lediglich der sprachlichen Vereinfachung und impliziert keinerlei Ausschluss oder Benachteiligung anderer Geschlechter.

1. Einleitung

1.1 Relevanz der patellofemorale Inlay-Prothese in der Behandlung der patellofemorale Arthrose

Die Behandlung von Patienten mit einer endgradigen patellofemorale Arthrose (PFA) des Kniegelenks stellt Orthopäden weltweit vor Herausforderungen (Imhoff et al., 2015). Für diese spezielle Patientenpopulation existieren verschiedenste prothetische Therapieoptionen, von denen sich bislang jedoch keine als zu favorisierende Methode erwiesen hat (Feucht et al., 2017; Imhoff et al., 2015; Laursen et al., 2019). Insbesondere für jüngere Patienten mit einem aktiven Lebensstil und einem hohen Grad der patellofemorale Arthrose hat sich bisher noch keine optimale Behandlungsoption herausgestellt (Imhoff et al., 2015; Laursen et al., 2019). Die Lücke in dem Spektrum der bislang angewandten operativen Therapiemöglichkeiten könnte jedoch durch neue Generationen von patellofemorale Inlay-Prothesen geschlossen werden (Imhoff et al., 2015).

Im allgemeinen Behandlungsalgorithmus sollte bei Patienten mit einer isolierten patellofemorale Arthrose initial eine konservative Behandlung erfolgen (Schöttle et al., 2012; Walker et al., 2012). Bestandteile dieser konservativen Therapie sind Adaptionen des Alltags, beispielsweise durch Gewichtsreduktion und Veränderungen der beruflichen und sportlichen Aktivität. Eine aktive Rehabilitation der Kraft und Sensomotorik in physiotherapeutischer Behandlung kann zusätzlich zu einer Verbesserung der Beschwerden führen. Begleitend können analgetisch- und antiinflammatorisch wirksame Medikamente zu einer Verbesserung der Lebensqualität beitragen. (Bork et al., 2020; Hunter et al., 2008; Schöttle et al., 2009)

Zeigt sich die patellofemorale Arthrose des Patienten trotz Ausschöpfung der konservativen Behandlungsmöglichkeiten progredient, verbleibt oftmals nur eine operative Versorgung des Gelenks als sinnvolle Therapieoption (Feucht et al., 2017; Leadbetter, 2008; Walker et al., 2012). Je nach Größe, Lokalisation und Pathogenese der Arthrose existieren zwei verschiedene Arten von Prothesen für den künstlichen Gelenkersatz: totale Endoprothesen (TEP) und unikompartimentelle Prothesen (UKA) (Jerosch et al., 2013).

In der Vergangenheit wurden Patienten mit einer isolierten patellofemorale Arthrose oftmals primär mit einer TEP versorgt – ein Eingriff, der gute klinische Langzeitergebnisse erzielte, jedoch aufgrund seiner Invasivität häufig als therapeutische Überversorgung kritisiert wurde (Bunyoz et al., 2019; Dahm et al., 2010; Grelsamer et al., 2006; Laursen, 2017). Die Implantation einer TEP führt dazu, dass neben dem geschädigten patellofemorale Bereich auch das intakte

femorotibiale Kompartiment inklusive des vorderen Kreuzbandes und der Menisken ersetzt wird (Bunyoz et al., 2019; Odgaard et al., 2018). Die Folge ist ein stärkerer Eingriff in die komplexe Kinematik des Kniegelenks, der vor allem bei jüngeren, aktiven Patienten zu einer Einschränkung der physiologischen Funktion des Gelenks führen kann (Bunyoz et al., 2019; Odgaard et al., 2018). Zusätzlich resultiert die Implantation einer TEP in einem umfangreichen Verlust von Knochensubstanz, der im Falle einer Revision oder eines Prothesenwechsels zusätzliche Komplikationen verursachen kann (Dy et al., 2012; Vandenneucker et al., 2016; Walker et al., 2012). Vor diesem Hintergrund wurde die Versorgung der isolierten PFA mit einer Knie-TEP zunehmend hinterfragt und die Weiterentwicklung von unikompartimentellen Prothesen forciert (Feucht et al., 2017; Imhoff et al., 2019; Lustig et al., 2012). Die heutigen patellofemorale Prothesen lassen sich grundsätzlich in zwei Varianten trennen: Inlay- und Onlay-Modelle (Feucht et al., 2017; Lonner et al., 2013).

Unterscheiden lassen sich diese beiden Varianten vor allem hinsichtlich ihres Designs. Das Inlay Design wird nach dem Anfertigen eines passenden Knochenbettes plan in die Trochlea implantiert und schließt bündig mit dem umgebenden Knorpel ab (Feucht et al., 2017). Prothesen im Onlay Design hingegen überragen das ursprüngliche Knorpelniveau, um so eine oftmals dysplastische Trochlea zu ersetzen (Beitzel et al., 2013; Feucht et al., 2017; Imhoff et al., 2015).

Frühe Inlay-Modelle, die auch als erste Generation bezeichnet werden, fielen im Vergleich zu Onlay-Modellen durch schlechtere klinische Ergebnisse und höhere Revisionsraten auf (Board et al., 2004; Feucht et al., 2017; Lustig et al., 2012; Tarassoli et al., 2012). Als Hauptursache für den Misserfolg der frühen Generation werden vor allem Faktoren im Zusammenhang mit dem Prothesendesign genannt, das Subluxationen der Patella und Schmerzen begünstigte (Feucht et al., 2017; Lonner, 2004; Lonner, 2008). Die Nachteile der ersten Generation von Inlay-Modellen führten zu einer Bevorzugung von Onlay-Modellen in der Versorgung der PFA (Feucht et al., 2017; Lonner et al., 2013). Erst die Entwicklung einer zweiten Generation von Inlay-Prothesen, die sich anatomisch besser an die individuelle Trochlea-Oberfläche anpasste, konnte sich gegenüber den Onlay-Modellen als mindestens gleichwertige Therapieoption erweisen (Feucht et al., 2017; Imhoff et al., 2019; Patel et al., 2017).

Die zuletzt vielversprechenden Studienergebnisse der neuen Generation an Inlay-Prothesen eröffnen die Perspektive, eine geeignete Behandlungsoption für Patienten mit einer endgradigen patellofemorale Arthrose gefunden zu haben. Es bedarf jedoch weiterer Forschungsarbeiten, um den tatsächlichen Wert der Inlay-Prothesen der zweiten Generation in der Behandlung der PFA zu bestimmen.

1.2 Fragestellung und Hypothese

Das Fundament für den Therapieerfolg und die Patientenzufriedenheit nach der Implantation einer patellofemoralen Prothese bildet eine genaue Indikationsstellung (Imhoff et al., 2019). Ein besonderer Fokus sollte dabei auf drei zentrale Aspekte gelegt werden: (1) die kritische Auswahl von geeigneten Patienten, (2) die Berücksichtigung von individuellen anatomischen Begleitfaktoren und (3) die Übereinstimmung der Patientenerwartungen mit den tatsächlichen Erfolgsaussichten einer Behandlung (Borus et al., 2014; Jerosch et al., 2013; Leadbetter et al., 2005).

An erster Stelle einer gezielten Indikationsstellung steht die kritische Selektion von geeigneten Patienten. Dabei sollte vorab feststehen, welche Patienten von der Versorgung mit einer patellofemoralen Prothese profitieren. Auch wenn die zweite Generation der patellofemoralen Inlay-Prothese vielversprechende klinische Ergebnisse produziert, konnte die ideale Zielgruppe sowie die tatsächlichen Erfolgsaussichten der Prothese im mittelfristigen Follow-up noch nicht abschließend ermittelt werden (Feucht et al., 2017; Imhoff et al., 2015; Laursen et al., 2019). Dies ist einerseits dem Umstand geschuldet, dass die absoluten Zahlen an Patienten mit einer isolierten patellofemoralen Arthrose sehr gering sind und entsprechende Studien deshalb oftmals auf einer geringen Fallzahl beruhen (Borus et al., 2014; Schöttle et al., 2009). Andererseits zeigten vorangegangene Studien inkonsistente Ergebnisse und eine hohe Rate an gescheiterten Versorgungen, die bis heute für anhaltende Diskussionen in der Literatur sorgen (Bunyozy et al., 2019; Imhoff et al., 2019; Laursen, 2017).

Als weitere Erfolgsvoraussetzung in der Therapie der PFA gilt die Berücksichtigung von individuellen anatomischen Begleitfaktoren. Vor der Versorgung eines Patienten muss der Operateur nach bestem Wissen und Gewissen beurteilen, ob die Arthrose des patellofemoralen Kompartiments isoliert vom restlichen Gelenk auftritt und auch in naher Zukunft nicht das tibiofemorale Kompartiment befallen wird (Grelsamer et al., 2008). Kommt es dennoch zu einem Fortschreiten der Osteoarthrose in das tibiofemorale Gelenk, kann die Konversion der patellofemoralen Inlay-Prothese in eine Totalendoprothese erforderlich werden und somit zum Versagen der ursprünglichen Therapie führen (Grelsamer et al., 2008). Obwohl dieser Verlauf in vergangenen Studien häufig beobachtet wurde, konnten bislang keine eindeutigen prädiktiven Faktoren ermittelt werden, die ein Scheitern der Therapie mit einer patellofemoralen Prothese begünstigen und eine Umwandlung der Prothese erforderlich machen. (Feucht et al., 2017; Imhoff et al., 2019; Imhoff et al., 2015)

Die Übereinstimmung der Patientenerwartungen mit den tatsächlichen Erfolgsaussichten einer Behandlung ist ein weiterer zentraler Aspekt der Indikationsstellung. Während die allgemeinen Ziele der Knie-Endoprothetik die Reduktion der Schmerzen und die Wiederherstellung der

Kniegelenksfunktion sind, steht bei der Behandlung der PFA-Patienten auch eine Rückkehr zu körperlichen Aktivitäten im Vordergrund (Jerosch et al., 2013; Stein et al., 2017). Aufgrund des vergleichsweise jungen Alters der Patienten für einen künstlichen Gelenkersatz spielen körperliche Aktivitäten eine größere Rolle in der Lebensqualität der PFA-Patienten (Imhoff et al., 2015). Um im Einzelfall eine optimale Lösung in der Versorgung zu finden und eine hohe Patientenzufriedenheit zu gewährleisten, müssen neben den individuellen lokalen Zuständen des Gelenks auch die Rahmenbedingungen wie Alter, Gewicht und vor allem der funktionelle Anspruch in die Therapieplanung miteinfließen (Imhoff et al., 2017; Jerosch et al., 2013; Stein et al., 2017). Die aktuelle Studienlage zeigt jedoch nicht eindeutig, inwiefern Patienten nach der Versorgung mit einer patellofemorale Inlay-Prothese in der Lage sind, ihren sportlichen Ambitionen wieder nachzukommen (Imhoff et al., 2015; Stein et al., 2017).

Der Arbeit zugrunde liegt die Hypothese, dass die operative Versorgung mit einer patellofemorale Inlay-Prothese der zweiten Generation sehr gute klinische Ergebnisse liefert und sie eine geeignete Therapieoption der endgradigen patellofemorale Arthrose darstellt. Sekundär soll untersucht werden, ob das Risiko für die spätere Umwandlung der Inlay-Prothese in eine Knie-Totalendoprothese anhand von prädiktiven anatomischen Faktoren eingeschätzt werden kann. Als tertiäre Hypothese wird angenommen, dass Patienten nach der Versorgung mit einer patellofemorale Inlay-Prothese der zweiten Generation ein höheres Aktivitätsniveau als vor der Operation erreichen.

2. Material und Methoden

2.1 Studiendesign und Patientenkollektiv

Diese Arbeit umfasst eine retrospektive Ergebnisstudie, die anhand prospektiv gesammelter Daten durchgeführt wurde. Die zuständige Ethikkommission der Fakultät für Medizin des Klinikums rechts der Isar erteilte die Zustimmung für die Durchführung der Studie (Ethikvotum Nr. 355/13).

Vor Aufnahme der Forschungstätigkeit wurden alle Studienteilnehmer schriftlich über die Studie hinsichtlich Studienablauf, Ziele der Forschungsarbeit sowie Anonymität der Patienten informiert. Die Zustimmung für die Teilnahme an der Studie wurde postalisch an die Abteilung und Poliklinik für Sportorthopädie des Klinikums rechts der Isar zurückgeschickt.

Das Patientenkollektiv umfasste alle Patienten, die in der Abteilung und Poliklinik für Sportorthopädie des Klinikums rechts der Isar im Zeitraum von September 2009 bis Oktober 2016 eine patellofemorale Inlay-Arthroplastik (PFIA) der zweiten Generation erhielten. Die Auswahl der Patienten erfolgte aus den Datensätzen der Abteilung mithilfe des internen Krankenhausinformationssystems der Firma SAP. Zeitgleich erfolgte die Erhebung der folgenden Daten aus den elektronischen Patientenakten (Tabelle 1):

Tabelle 1: Erhebung von Patientendaten anhand der elektronischen Patientenakten

Patientendaten

- Geschlecht
 - Alter
 - Gewicht
 - Body-Mass-Index (BMI)
 - Datum der Operation
 - Begleiteingriffe
 - Vorhandensein eines Patella-Rückflächenersatzes
 - Weitere Eingriffe am Kniegelenk
-

Die Aufnahme in die Studie erfolgte, wenn im Zeitraum von 2009 bis 2016 eine patellofemorale Inlay-Arthroplastik mit einer HemiCAP® Wave Prothese (Arthrosurface, Franklin, MA, USA) in der Abteilung für Sportorthopädie des Klinikums rechts der Isar durchgeführt wurde. Für die

Teilnahme an der Studie war außerdem ein erfolgter Nachbeobachtungszeitraum (Follow-up) von mindestens 24 Monaten erforderlich.

Der weitere Ablauf der Studie erfolgte in zwei unabhängigen Schritten. Im Hauptteil der Forschungsarbeit wurde untersucht, ob die präoperative patellofemorale Anatomie der Patienten einen Einfluss auf die klinische Verbesserung der Studienteilnehmer sowie auf die Misserfolgsrate nach Implantation einer patellofemorale Inlay-Prothese hat. Separat davon wurde analysiert, ob Patienten nach der Versorgung mit einer Wave-Prothese zu sportlichen Aktivitäten (Return-to-Sports) zurückkehren und ob prädiktive Faktoren existieren, die postoperativ eine verbesserte sportliche Leistungsfähigkeit vorhersagen können.

Für die beiden spezifischen Fragestellungen galten jeweils unterschiedliche Ein- und Ausschlusskriterien hinsichtlich der Probanden. Diese Unterschiede sind in Tabelle 2 aufgeführt:

Tabelle 2: Einschlusskriterien der Teilbereiche

Klinische Ergebnisse und anatomische Risikofaktoren	Return-to-Sports (RTS)
<ul style="list-style-type: none"> - isolierte patellofemorale Inlay-Arthroplastik - mindestens 24 Monate Follow-up - Vollständigkeit der präoperativen und postoperativen Follow-up Scores - Verfügbarkeit von digitalisierten präoperativen Röntgenbildern in drei Ebenen (anterior-posterior, strengseitlich, axial 45°) - Verfügbarkeit von digitalisierten präoperativen Kernspinaufnahmen (MRT) 	<ul style="list-style-type: none"> - isolierte oder kombinierte patellofemorale Inlay-Arthroplastik - mindestens 24 Monate Follow-up - Vollständigkeit der präoperativen und postoperativen Follow-up Scores

Als Ausschlusskriterien für die Teilnahme an der Studie wurden zusätzliche Operationen am selben Kniegelenk ohne Bezug zur ursprünglichen Erkrankung sowie das Versterben von Studienteilnehmern im Studienverlauf definiert. Im Falle einer diagnostizierten patellofemorale Instabilität oder einer tibiofemorale Fehlstellung konnten neben der Implantation der Prothese zusätzliche Begleiteingriffe nötig werden. Während diese Patienten in der Evaluation der Ergebnisse und der anatomischen Risikofaktoren nicht berücksichtigt werden konnten, stellten Begleiteingriffe für den Return-to-Sports Teil der Studie kein Ausschlusskriterium dar. Für die Untersuchung der klinischen Ergebnisse und der anatomischen Risikofaktoren war das Fehlen einer präoperativen Bildgebung ein weiteres Ausschlusskriterium. Im Bereich Return-to-Sports stellte die Umwandlung der Prothese in eine TEP ein zusätzliches Ausschlusskriterium dar.

2.2 Diagnosestellung und Behandlungsalgorithmus

Die Abteilung für Sportorthopädie des Klinikums rechts der Isar befolgt bei der Diagnose und Therapie der patellofemorale Arthrose einen Behandlungsalgorithmus von Imhoff et al. aus dem Jahr 2015 (Imhoff et al., 2015). Die Diagnose der patellofemorale Arthrose erfolgt aus der Zusammenschau der Befunde aus der Anamnese, einer klinischen Untersuchung und einer umfangreichen Bildgebung (Imhoff et al., 2015).

Die Angaben des Patienten im Anamnesegespräch bilden die Basis für alle folgenden Schritte in der Diagnostik der patellofemorale Arthrose. Patienten mit einer PFA berichten meist von ventral betonten Schmerzen des Kniegelenks, die sich bei charakteristischen Bewegungen wie zum Beispiel beim Treppensteigen oder beim Erheben von einem Stuhl äußern (Grelsamer, 2000; Meidinger et al., 2010). Zusätzliche Rückschlüsse auf eine patellofemorale Genese der Schmerzen können gezielte Fragen des Untersuchers liefern. So erkundigen sich Untersucher etwa nach einem Trauma des Kniegelenks sowie nach konstitutionellen oder traumatischen Luxationen der Patella in der Vergangenheit (Mäenpää et al., 1997; Meidinger et al., 2010). Ein deutliches Übergewicht oder exzessive sportliche Aktivitäten können zusätzliche Hinweise auf eine PFA geben (Grelsamer et al., 2008; Meidinger et al., 2010).

Der Anamnese folgt die körperliche Untersuchung der Patienten. Diese umfasst in der Regel eine Inspektion und Palpation des betroffenen Gelenks sowie unterschiedliche funktionelle Tests (Imhoff et al., 2015; Meidinger et al., 2010). Bei der Inspektion wird das betroffene Gelenk sowie die Beinachse des Patienten begutachtet und auf sichtbare Pathologien und anatomische Normabweichungen geprüft. Im weiteren Verlauf der klinischen Untersuchung erfolgt die Tastuntersuchung des Kniegelenks und der umgebenden Strukturen. Ein wichtiges Zeichen in der Diagnostik der PFA können Schmerzen der lateralen Patellafacette sein, die seltener auch auf der

medialen Seite der Patella auftreten. Für die weitere Diagnostik der patellofemorale Arthrose werden klinische Testverfahren angewendet. Hierbei können sich beispielsweise eine pathologische Kinematik der Patella oder eine erhöhte Luxationsneigung zeigen und erste Rückschlüsse auf die Ätiologie der PFA ermöglichen. (Grelsamer, 2000; Meidinger et al., 2010; Schöttle et al., 2009)

Zeigen sich in Anamnese und klinischer Untersuchung Hinweise auf das Vorliegen einer patellofemorale Arthrose des Kniegelenks, ist der nächste Schritt im Behandlungsalgorithmus der PFA eine umfangreiche Bildgebung (Imhoff et al., 2015). Diese beinhaltet eine radiologische Basisdiagnostik mit nativen Röntgenaufnahmen sowie einer Kernspintomographie (MRT) für die Beurteilung der Knorpelverhältnisse im Gelenk. Die Röntgenuntersuchung der PFA erfolgt durch die Aufnahme von nativen Röntgenbildern in drei Ebenen: anterior-posterior, streng seitlich und axial bei 45° Flexion (Imhoff et al., 2017). Zeigt sich in der Inspektion des Patienten bereits eine starke Abweichung der physiologischen Beinachse, wird eine zusätzliche Ganzbein-Röntgenaufnahme der unteren Extremität im anterioren-posterioren Strahlengang angefertigt (Waldt et al., 2011). Bei dem Verdacht einer Rotationsfehlstellung der unteren Extremität wird zusätzlich eine Computertomographie (CT) des Beines zur Beurteilung der Torsion von Femur und Tibia durchgeführt (Imhoff et al., 2015).

Im Anschluss an die Bildgebung wurden alle angefertigten Bilder auf das Picture Archiving Communication System (PACS) des Klinikums rechts der Isar übermittelt und archiviert (Easy Vision Philips, Best, Niederlande).

2.3 Indikation und Kontraindikation

In der Zusammenschau der klinischen und radiologischen Befunde wird die Indikation zur operativen Versorgung mittels PFIA gestellt, wenn Patienten aufgrund einer Osteoarthrose (Grad III-IV Kellgren-Lawrence) oder eines knorpeligen Defekts (Grad III-IV Outerbridge) des patellofemorale Kompartiments Schmerzen und Einschränkungen in der Funktion des Kniegelenks erleben und nicht auf eine konservative oder gelenkerhaltende operative Therapie ansprechen (Imhoff et al., 2015; Kellgren et al., 1957; Leadbetter et al., 2005; Leadbetter et al., 2006; Outerbridge, 1961).

Im Falle einer zusätzlichen patellofemorale Instabilität oder einer Fehlstellung der Beinachse werden neben der eigentlichen Implantation der Prothese Begleiteingriffe durchgeführt (Imhoff et al., 2015). Zu den begleitenden Eingriffen in dieser Studie zählten die Rekonstruktion des medialen patellofemorale Ligaments (MPFL), die distale femorale Umstellungsosteotomie (DFO), die hohe tibiale Umstellungsosteotomie (HTO) und der Versatz der tibialen Tuberositas.

Kontraindikationen für die Durchführung einer PFIA sind die schmerzhafte Osteoarthrose des tibiofemorale Kompartiments bei Aktivitäten des alltäglichen Lebens (Kellgren-Lawrence Grad ≥ 3) sowie passive Bewegungseinschränkungen in Flexion und Extension. Als weitere Kontraindikationen gelten aktive Entzündungen des entsprechenden Gelenks, entzündliche Arthropathien, Chondrocalcinosen und das chronische regionale Schmerzsyndrom. (Imhoff et al., 2019; Imhoff et al., 2015; Kellgren et al., 1957)

2.4 Prothesendesign

Für die kongruente Rekonstruktion des patellofemorale Gleitlagers wurde bei allen Patienten eine HemiCAP® Wave Patellofemorale Resurfacing Prothese (Arthrosurface, Franklin, MA, USA) verwendet. Zentraler Bestandteil der Prothese ist ein Trochlea-Implantat, das über eine konische Fixationsschraube im Femurknochen verankert wird. Die Lauffläche des Trochlea-Implantats besteht an ihrer Oberfläche aus einer Kobalt-Chrom-Legierung, welche auf der Rückseite der Prothese in eine Titan-Plasmabeschichtung übergeht. Die Fixationsschraube für die Verankerung im Femur ist mit einer Titanlegierung überzogen. Bei Bedarf kann an der Rückseite der Patella zusätzlich eine Patella-Komponente aus einem Vollpolyethylen-Material als Patella-Rückflächenersatz implantiert werden (Abbildung 1). (Arthrosurface, 2010; Imhoff et al., 2015)



Abbildung 1: **HemiCAP® Wave Prothese**

Abbildung aus: *Prospective evaluation of anatomic patellofemorale inlay resurfacing: clinical, radiographic, and sports-related results after 24 months*, Imhoff et al., 2015, *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 23: 1299 - 1307 (Imhoff et al., 2015)

Insgesamt stehen dem Operateur acht verschiedene Implantat-Modelle mit unterschiedlichen Aufsätzen zur Verfügung. In Kombination mit den verschiedenen sagittalen Krümmungsradien der Trochlea-Komponente kann auf diese Weise eine exakte Anpassung an die individuelle Anatomie des Patienten ermöglicht werden. (Imhoff et al., 2015)

2.5 Operationstechnik der patellofemorale Inlay-Arthroplastik

Die Lagerung des Patienten erfolgt in Rückenlage. Wenn keine Begleiteingriffe stattfinden, wird als Standardzugang ein lateraler parapatellarer Zugang gewählt. Auf eine Eversion der Patella kann verzichtet werden, solange kein Rückflächenersatz (Resurfacing) der Patella erfolgt. (Beitzel et al., 2013; Imhoff et al., 2015)

Unter Zuhilfenahme einer Bohrführung wird nun bei nahezu gestrecktem Kniegelenk (20° Flexion) eine Arbeitsachse senkrecht zur zentralen Trochlea-Gelenkfläche etabliert. Anhand einer Messeinheit kann daraufhin der superior/inferiore und medial/laterale Versatz bestimmt und unter Zuhilfenahme einer Größentabelle die richtige Implantat-Größe abgelesen werden. Bei korrekter Ausrichtung der Bohrführung wird im nächsten Schritt ein Führungsdraht (2,5 mm) im Femur platziert (Abbildung 2). (Arthrosurface, 2010; Imhoff et al., 2015)

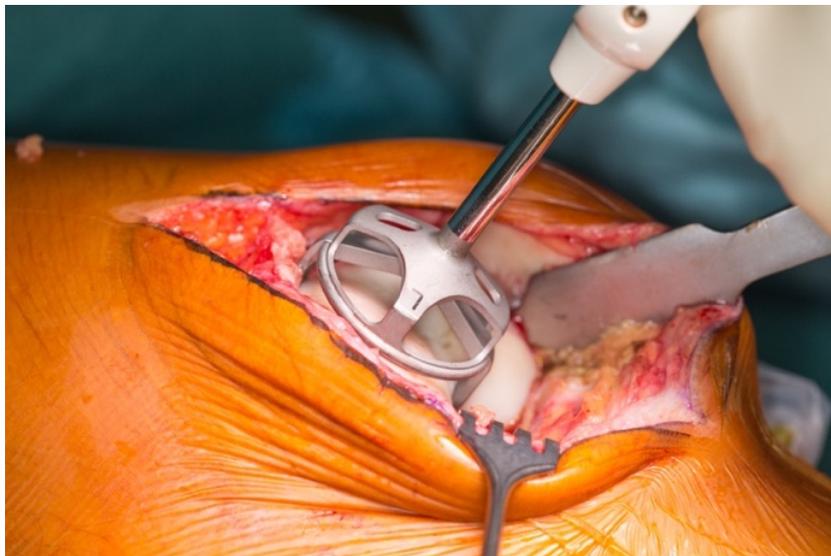


Abbildung 2: Bohrführung der HemiCAP® Wave Prothese

Abbildung aus: *Patellofemoral Arthroplasty, Onlay Versus Inlay Prostheses, Basics in Primary Knee Arthroplasty*, Springer, Imhoff et al., 207-215 (Imhoff et al., 2022)

Der zu ersetzende Knorpeldefekt wird anschließend mit einer Knochenfräse (35 mm) entfernt und ein Führungsblock an der Trochlea ausgerichtet (Abbildung 3a). Das Implantatbett wird

mithilfe des Führungsblocks dreidimensional aufgebohrt und ein Probeimplantat eingesetzt. Dieses zeigt einen korrekten Sitz, wenn es plan mit der Gelenkoberfläche der Trochlea abschließt. (2med GmbH, o.J.; Imhoff et al., 2015)

Nach dem Einsetzen des Probeimplantates wird durch ein Loch im Implantat eine Fixationsschraube im Femurknochen platziert. Der Sitz der Fixationsschraube wird mit einer Tiefenlehre überprüft, um anschließend das Probeimplantat gegen das HemiCAP® Implantat auszutauschen. Auf die Rückseite des Implantates wird fakultativ Knochenzement appliziert und dieses mithilfe eines Einschlägers (Abbildung 3b) fest mit der Fixationsschraube verbunden (Abbildung 3c). (2med GmbH, o.J.; Imhoff et al., 2015)

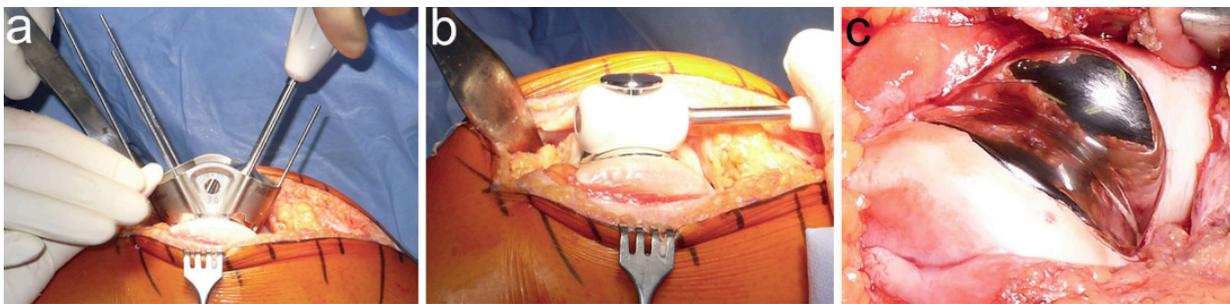


Abbildung 3: Intraoperative Fotos der HemiCAP® Wave Prothese

(a) dreidimensionales Aufbohren des Implantatbetts mithilfe des Führungsblocks, (b) Einschlagen der Prothese anhand des Einschlägers, (c) korrekte Lage des Implantats

Abbildung aus: *Prospective evaluation of anatomic patellofemoral inlay resurfacing: clinical, radiographic, and sports-related results after 24 months*, Imhoff et al., 2015, *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy* 23, 1299 - 1307 (Imhoff et al., 2015)

Neben der prothetischen Versorgung erfolgt bei allen Patienten eine Patellaplastik und Dener-
vierung. Ein Ersatz der Patellarrückfläche findet bei Patienten statt, die eine patellofemorale In-
kongruenz aufweisen. Ursächlich dafür können Patelladysplasien, fokale Osteonekrosen, Osteo-
lysen oder subchondrale Knochendefekte sein. Abschließend wird die korrekte Lage der pa-
tellofemoralen Inlay-Prothese durch eine radiologische Kontrolle gesichert (Abbildung 4).
(Imhoff et al., 2015)

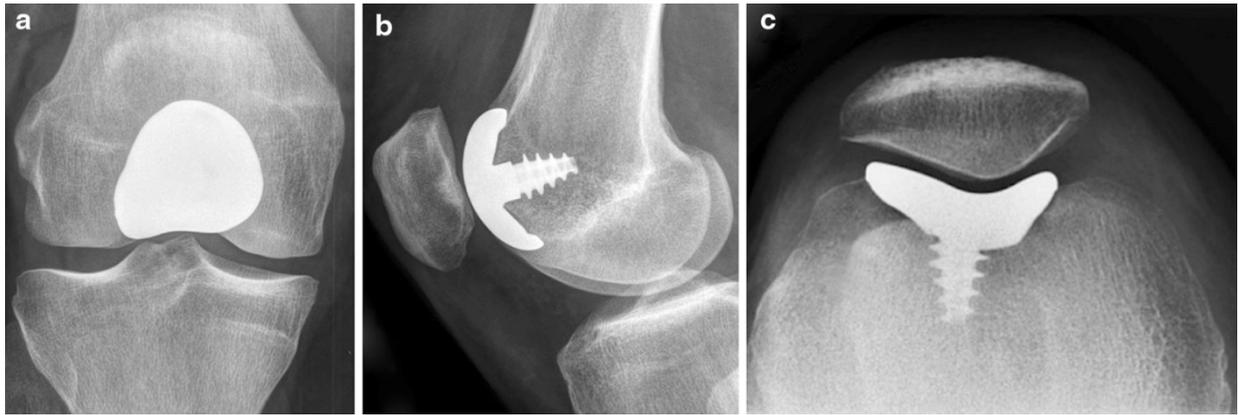


Abbildung 4: postoperative radiologische Kontrolle der Prothesenlage

(a) anterior-posteriore Röntgenaufnahme, (b) laterale Röntgenaufnahme, (c) axiale Röntgenaufnahme des Kniegelenks nach Implantation einer HemiCAP® Wave Prothese

Abbildung aus: *Prospective evaluation of anatomic patellofemoral inlay resurfacing: clinical, radiographic, and sports-related results after 24 months*, Imhoff et al., 2015, *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 23, 1299 - 1307 (Imhoff et al., 2015)

2.6 Begleiteingriffe

2.6.1 Indikationen für Begleiteingriffe

Basierend auf dem Behandlungsalgorithmus von Imhoff et al. erfolgt die operative Therapie der Patienten mit einer Inlay-Prothese entweder isoliert oder in Kombination mit weiteren Eingriffen (Beitzel et al., 2013; Imhoff et al., 2015). Begleitende Eingriffe sind dann indiziert, wenn neben der Osteoarthrose des patellofemorales Kompartiments eine symptomatische patellofemorale Instabilität oder Rotationsfehlstellung des Kniegelenks besteht (Hinterwimmer et al., 2012; Imhoff et al., 2015; Kohn et al., 2013). Dafür ursächlich können unterschiedliche Pathologien sein, die mit einer fehlerhaften oder instabilen Führung der Patella in ihrem trochleären Gleitlager einhergehen (Meidinger et al., 2010). Bei diesen Patienten ist eine isolierte prothetische Versorgung nicht ausreichend, um die physiologische Kinematik des patellofemorales Gelenks wiederherzustellen und ein Fortschreiten der osteochondralen Schäden durch die Implantation einer Inlay-Prothese zu verhindern (Beitzel et al., 2013; Imhoff et al., 2015). Die Indikation für Begleiteingriffe wird neben den anamnestischen und klinischen Befunden anhand der in Tabelle 3 zusammengefassten radiologischen Kriterien gestellt (Imhoff et al., 2015):

*Tabelle 3: Indikationen für Begleiteingriffe***Kriterien für Begleiteingriffe (Imhoff et al., 2015)**

-
- Caton-Deschamps Index (CDI) $> 1,2$ oder $< 0,8$
 - Abstand zwischen Tuberositas tibiae und Trochlea-groove (TT-TG-Abstand) > 20 mm oder < 8 mm
 - Mechanischer Valgus oder Varus $> 5^\circ$
 - Femorale Anteversion $> 20^\circ$
 - Tibiale Torsion $> 40^\circ$
-

Im Rahmen der präoperativen radiologischen Untersuchung der Patienten mit einer PFA wird bei Verdacht auf eine Rotationsfehlstellung der unteren Extremität eine zusätzliche CT-Untersuchung angeordnet (Schneider et al., 1997; Waldt et al., 2011). Dies erfolgt für die Ermittlung eines pathologischen Antetorsions- oder tibialen Torsions-Winkel und der damit einhergehenden Indikation für einen Begleiteingriff (Dickschas et al., 2012; Imhoff et al., 2015). Der Antetorsionswinkel beschreibt den Torsionswinkel zwischen der Schenkelhalsachse und den Femurkondylen (Waldt et al., 2011). Der tibiale Torsionswinkel beschreibt hingegen die Torsion der Tibia in ihrem Verlauf (Abbildung 5) (Waldt et al., 2011). Zeigt sich bei der radiologischen Vermessung eine vergrößerte femorale Anteversion ($> 20^\circ$) oder eine vermehrte tibiale Torsion ($> 40^\circ$) wird die Indikation für eine HTO oder DFO gestellt (Imhoff et al., 2015).

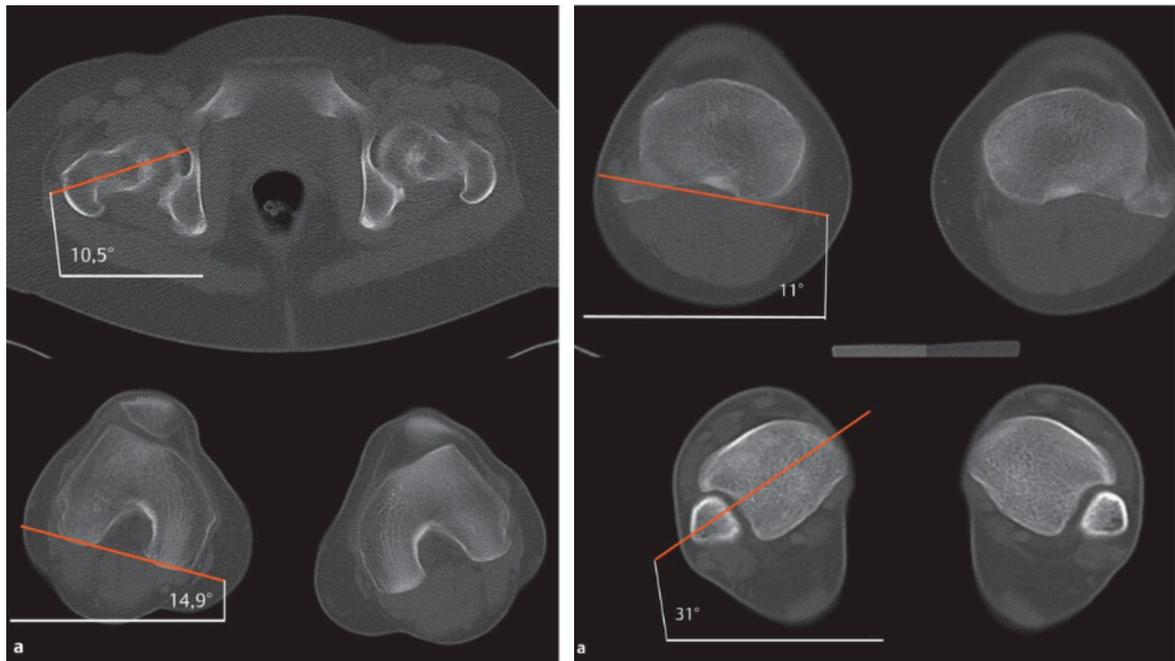


Abbildung 5: Vermessung der femoralen Antetorsion und Tibiatorsion

axiale CT-Aufnahme der unteren Extremität: (links) Antetorsionswinkel Femur: Winkel zwischen der Horizontalen und dem Schenkelhals des Femurs (oben) und Winkel zwischen der Horizontalen und den Femurkondylen (unten), (rechts) tibialer Torsionswinkel: Winkel zwischen der Hinterkante des Tibiaplateaus und der Horizontalen (oben) und Winkel zwischen der Horizontalen und der Linie durch die Zentren von Tibia und Fibula (unten)

Abbildung aus: Messverfahren und Klassifikationen in der muskuloskelettalen Radiologie, Waldt et al., 3. Auflage, 2023, Thieme Verlag (Waldt et al., 2023)

Zeigen sich in der klinischen Untersuchung von Patienten mit einer patellofemorale Arthrose Anzeichen für eine pathologische Abweichung der mechanischen Beinachse, wird die klinische Bildgebung um eine Ganzbein-Röntgenaufnahme im anterioren-posterioren Strahlengang erweitert (Imhoff et al., 2015; Waldt et al., 2011). Die radiologische Vermessung der Beinachse erfolgt durch die Bildung der sogenannten Mikulicz-Linie. Diese Linie verbindet den Mittelpunkt des Hüftgelenkkopfes mit dem Mittelpunkt des oberen Sprunggelenkes. Bei einer physiologischen Beinachse sollte die Traglinie leicht medial des Kniegelenksmittelpunkts verlaufen und einen Varus-Winkel von $1,2^\circ$ bilden. Abweichungen vom Mittelpunkt des Kniegelenks nach medial oder lateral können in Millimetern oder Grad gemessen werden (Abbildung 6). (Waldt et al., 2011)

Überschreitet die Abweichung der Beinachse die festgelegten Normwerte von 5° valgisch oder varisch, wird neben der Indikation zur prothetischen Versorgung auch eine Korrektur der

Beinachse durchgeführt. Je nach Gelenkwinkel kann dies mittels DFO oder HTO durchgeführt werden (Imhoff et al., 2015).

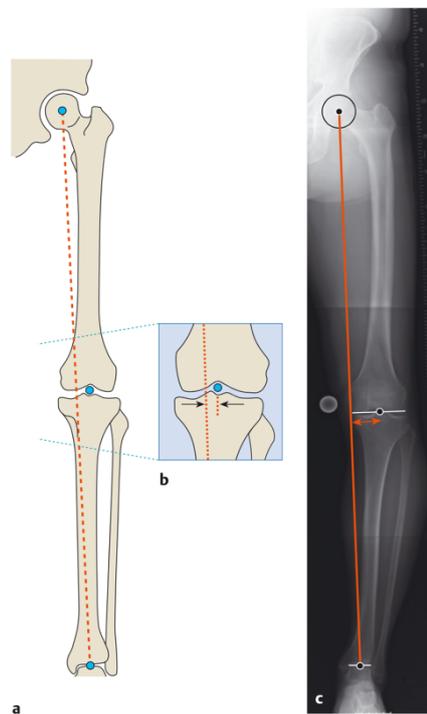


Abbildung 6: *Vermessung der mechanischen Beinachse*

Ganzbeinröntgenaufnahme der unteren Extremität zur Ermittlung der mechanischen Beinachse (Mikulicz-Linie):

(a) schematische Darstellung, (b) Vergrößerung des Kniegelenks, (c) Ganzbein-Röntgenaufnahme

Abbildung aus: *Messverfahren und Klassifikationen in der muskuloskelettalen Radiologie*, Waldt et al., Seite 2, 2. Auflage, 2014, Thieme Verlag (Waldt et al., 2011)

Als weiteres radiologisches Messinstrument für die Indikation von Begleiteingriffen dient der Caton-Deschamps-Index. Der CDI wird in der präoperativen Evaluierung der Patienten verwendet, um mögliche Veränderungen der Patellahöhe zu detektieren und Begleiteingriffe in Form eines Tuberositastransfers zu indizieren (Abbildung 7) (Caton et al., 1982; Imhoff et al., 2015; Ostermeier et al., 2010). Entsprechend dem Behandlungsalgorithmus von Imhoff et al. wird die Indikation für eine Distalisierung oder Proximalisierung der Tuberositas tibiae bei CDI-Werten von $< 0,8$ oder $> 1,2$ gestellt (Imhoff et al., 2015).

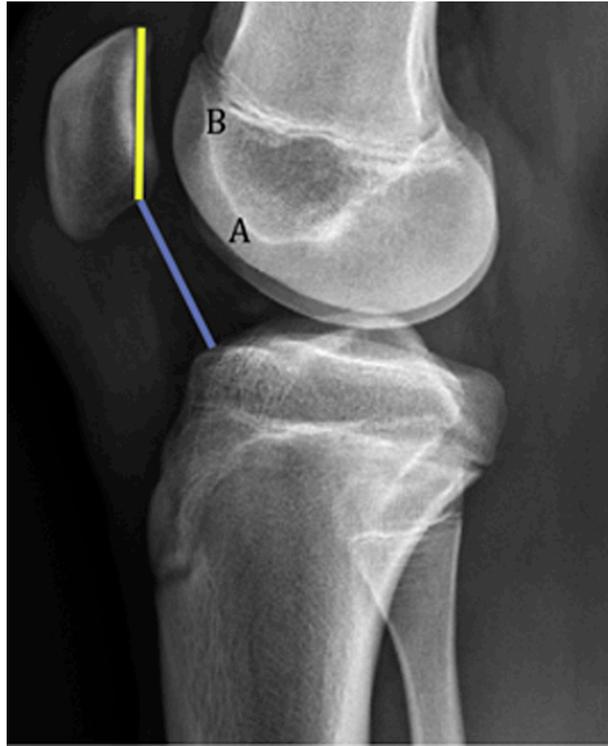


Abbildung 7: Vermessung des Caton-Deschamps-Index

Seitliche Röntgenaufnahme des Kniegelenks mit der Vermessung des Caton-Deschamps-Index: (A) Strecke zwischen dem distalen Pol der Patella-Gelenkfläche und dem Tibiaplateau, (B) Länge der Patella-Gelenkfläche

Abbildung aus: *Strong agreement between magnetic resonance imaging and radiographs for Caton-Deschamps Index in patients with patellofemoral instability*, Paul et al., 2021, *Arthroscopy, Sports Medicine, and Rehabilitation*, Vol. 3, No. 6, (Paul et al., 2021)

2.6.2 Rekonstruktion des medialen patellofemorale Ligaments

Die Stabilität der Patella wird neben der knöchernen und muskulären Führung durch einen komplexen Bandapparat gewährleistet (Minkowitz et al., 2009). Durch konstitutionelle oder traumatische Luxationen der Patella kann es jedoch zu einer Schädigung dieses Bandapparates mit der Folge einer patellofemorale Instabilität kommen. (Minkowitz et al., 2009; Schöttle et al., 2005) Eine Struktur, die im Falle einer Luxation der Patella unweigerlich verletzt wird, ist das mediale patellofemorale Ligament (MPFL) (Arendt et al., 2002; Oestern et al., 2011). Dieses Band fungiert in seiner eigentlichen Funktion als Absicherung der Patella nach lateral (Amis et al., 2003; Oestern et al., 2011). Rupturiert es jedoch in Folge einer Luxation, ist die sichere und stabile Führung der Patella nicht mehr gewährleistet und weitere Luxationen sowie chronische Schädigungen des Gelenkknorpels können resultieren (Schöttle et al., 2009). Die Implantation einer Inlay-Prothese kann zwar den geschädigten patellofemorale Bereich ersetzen, der Einfluss der Prothese auf die Führung der Patella in Extension ist jedoch beschränkt (Hensler et al., 2010).

Um neben den Folgen auch eine mögliche Ursache der PFA zu adressieren, wird bei Patienten die Rekonstruktion des MPFL-Ligaments als therapieerweiternde Maßnahme bei einer patellofemorale Instabilität umgesetzt (Hensler et al., 2010; Imhoff et al., 2015). Dabei wird eine autologe Gracilis-Sehne für die anatomische Rekonstruktion des ursprünglichen MPFLs eingesetzt. Die entnommene Sehne wird mit einem bioresorbierbaren Schraubensystem in der Patella sowie der medialen Femurseite fixiert, um auf diese Weise die ursprüngliche Anatomie und Funktion des MPFLs wiederherzustellen (Imhoff et al., 2017; Schöttle et al., 2010).

2.6.3 Tuberositas-Transfer

Die Tuberositas tibiae ist ein ventral gelegener Knochenfortsatz der proximalen Tibia, der als Ansatzstelle des Ligamentum patellae des Musculus quadriceps femoris fungiert (Aumüller et al., 2007). Im Zusammenspiel mit der Patella als Hypomochlion ermöglicht sie die Kraftübertragung der Oberschenkelmuskulatur auf den Unterschenkel (Aumüller et al., 2007).

Für die physiologische Funktion des patellofemorale Gelenks ist die anatomische Position der Tuberositas tibiae ein wichtiger Faktor. Veränderungen der Lage können direkte Auswirkungen auf die Kinematik der Patella haben (Feller et al., 2007; Ostermeier et al., 2010). Neben Veränderungen im patellaren Gleitverhalten kann eine unphysiologische Lage der Tuberositas auch in einem erhöhten intraartikulären Druck im Bereich der Patellafacetten resultieren (Ostermeier et al., 2010).

Der Transfer der Tuberositas tibiae mittels einer Osteotomie verfolgt das Ziel, die physiologische Funktion des patellofemorale Gelenks wiederherzustellen und eine Hyperkompression im Gelenk zu vermindern (Schöttle et al., 2012). Die Indikation für einen Transfer der Tuberositas tibiae wird gestellt, wenn in der präoperativen Diagnostik ein pathologischer TT-TG Wert (> 20 mm oder < 8 mm) oder ein pathologischer Caton-Deschamps-Index ($> 1,2$ oder $< 0,8$) festgestellt wird (Caton et al., 1982; Imhoff et al., 2015). Je nach anatomischer Abweichung der Tuberositas werden unterschiedliche Osteotomie-Verfahren angewendet. Das patellare Gleitverhalten kann durch einen Transfer der Tuberositas nach medial, proximal, anterior oder durch kombinierte Verfahren beeinflusst werden. (Imhoff et al., 2017; Schöttle et al., 2012)

2.6.4 Variationsosteotomie und Derotationsosteotomie

Rotations- und Achsfehlstellungen der unteren Extremität können Ursachen für ein patellofemorales Malalignment darstellen (Hinterwimmer et al., 2005; Schöttle et al., 2012). Dies beschreibt eine knöcherne Pathomorphologie, die ebenfalls zu erhöhtem Drücken im patellofemorale Kompartiment führen kann (Schöttle et al., 2012). In diesem Fall ist eine Osteotomie der Tuberositas tibiae jedoch keine suffiziente Therapieoption, da diese den eigentlichen Grund für die

PFA nicht adressiert (Schöttle et al., 2012). Ursächlich für die Druckerhöhung ist eine Medialisierung der Trochlea, die aus einer valgischen Fehlstellung beziehungsweise einer Innentorsion des distalen Femurs resultieren kann (Schöttle et al., 2012). Aufgrund der physiologischen Zu- grichtung der Patella nach lateral kommt es bei diesen Pathologien zu Instabilitäten und Hyper- kompression des patellofemorale Kompartiments mit den möglichen Folgen einer Schädigung des Knorpels sowie einer konsekutiven Arthrose des Gelenks (Hinterwimmer et al., 2005; Schöttle et al., 2009). Bei Patienten mit einer endgradigen PFA können Fehlstellungen der Bein- achse mithilfe einer DFO oder einer HTO therapiert werden (Imhoff et al., 2015). Der Einsatz einer Osteotomie erfolgt, wenn im Ganzbein-Röntgen eine pathologische Varus- oder Valgus- fehlstellung von mehr als fünf Grad, oder in den CT-Untersuchungen eine femorale Anteversion von $> 20^\circ$ oder eine tibiale Torsion von $> 40^\circ$ festgestellt wird (Imhoff et al., 2015). So kann beispielsweise eine HTO zur valgisierenden Korrektur der Beinachse durchgeführt werden, was in einer Verlagerung der mechanischen Beinachse nach lateral resultiert. (Imhoff et al., 2017) Beide Osteotomie-Verfahren verfolgen das Ziel, durch die Behebung der pathologischen Fehl- stellung der Beinachse eine Drucksenkung im patellofemorale Kompartiment zu erzielen (Hinterwimmer et al., 2012; Imhoff et al., 2017; Schöttle et al., 2009).

2.7 Postoperative Nachbehandlung

Unmittelbar nach der Operation dürfen die Patienten das Kniegelenk schmerzadaptiert in Flexion und Extension frei bewegen (Imhoff et al., 2015). Ausnahmen hiervon bilden Patienten nach einem Transfer der Tuberositas tibiae oder einer MPFL-Plastik, da bei diesen Patienten die Fle- xion zunächst auf 90° für die ersten sechs Wochen postoperativ beschränkt ist (AGA-Komitee- Knie-Patellofemoral, 2016; Imhoff et al., 2015).

Unterstützende Maßnahmen wie Lymphdrainage und das Training mit einer CPM-Bewegungs- schiene können nach Bedarf angewendet werden. Für die ersten zwei Wochen wird eine Teilbe- lastung des operierten Beins an Unterarmgehstützen mit 20 kg empfohlen (Imhoff et al., 2015). Im Falle von Begleiteingriffen kann die Teilbelastung auf einen Zeitraum von sechs Wochen erweitert werden (AGA-Komitee-Knie-Patellofemoral, 2016; Imhoff et al., 2015). Die stationäre Entlassung erfolgt, sobald eine Bewegungsfreiheit in Flexion/Extension von 90/0/0 Grad sowie die Fähigkeit, an Unterarmstützen Treppen zu gehen, erreicht wird. (Feucht et al., 2020; Pogorzelski et al., 2020)

Im weiteren Verlauf wird eine stetige Steigerung der Belastung empfohlen. Durchschnittlich sechs Wochen nach dem Eingriff erreichen Patienten die Vollbelastung des operierten Beines.

Nach drei Monaten sind sportliche Low-Impact Aktivitäten wie beispielsweise Joggen erlaubt. (Feucht et al., 2020; Pogorzelski et al., 2020)

2.8 Datenerhebung - subjektive Beurteilung

Die Befragung der Patienten zur Einschätzung der eigenen Kniefunktion, der Symptome sowie der Zufriedenheit in Sport und Beruf erfolgte anhand von Fragebögen. Diese wurden von den Patienten unmittelbar vor der Operation sowie durchschnittlich 24 Monate nach der Operation ausgefüllt. Die ursprüngliche Version der Fragebögen umfasste, neben den unten aufgeführten Fragebögen, noch weitere Scores zur Datenerhebung. Aufgrund von fehlender Relevanz in der Beantwortung der Hypothesen und aufgrund von Redundanz wurden jedoch nicht alle Fragebögen in die Studie inkludiert. Dies erfolgte auch, um die Vergleichbarkeit mit anderen Studien zu gewährleisten.

Zunächst wurde sich bei allen Patienten nach ihren aktuellen Kontaktdaten erkundigt. Im Folgenden wurden die Probanden nach ihrem aktuellen Alter, ihrer Größe und ihrem Gewicht sowie postoperativ nach dem Datum der OP befragt. Die postoperative Datenerhebung beinhaltete zusätzliche Fragen zum aktuellen Gesundheitszustand der Patienten. Dabei wurde nach erneuten Komplikationen, Verletzungen oder Eingriffen am bereits operierten Kniegelenk gefragt. Darüber hinaus wurde sich nach einer Verschlechterung des allgemeinen Gesundheitszustandes, unabhängig vom operierten Gelenk, erkundigt. Die weitere Datenerhebung erfolgte anhand der in Tabelle 4 aufgeführten Fragebögen:

Tabelle 4: Fragebögen für die subjektive Beurteilung

Fragebögen

- Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index (WOMAC)
 - Lysholm-Knee-Score
 - Visuelle Analogskala zur Schmerzbewertung (VAS)
 - Konzipierter Fragebogen für Return-to-Sports
 - Tegner-Aktivitätsskala
-

2.8.1 Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index

Eine standardisierte Beurteilung der Auswirkungen einer Knie- oder Hüftgelenksarthrose kann mithilfe des Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index (WOMAC) erfolgen (Bellamy et al., 1988; Collins et al., 2011). Die Eigenschaften des 1982 entwickelten Tests ermöglichen es, den Krankheitsverlauf und das Ansprechen einer Therapie bei Osteoarthrose standardisiert zu verfolgen. (Bellamy et al., 1988; Collins et al., 2011)

Dafür existieren drei unterschiedliche Versionen des WOMAC-Scores, die entweder auf einer 100-mm-visuellen Analogskala, einem fünf-Punkt-Likert-skalierten Format oder einer elf-Punkt-numerischen Version basieren (Bellamy, 2005). Insgesamt beinhaltet der WOMAC-Score 24 Fragen, die in drei Hauptkategorien eingeteilt werden. Die Hauptkategorien des Fragebogens beinhalten jeweils eine unterschiedliche Anzahl an Fragen: Schmerz (5 Fragen), Steifheit (2 Fragen) und Funktion (17 Fragen). (Bellamy, 2005; Collins et al., 2011)

In der Likert-skalierten Version erfolgt die Beantwortung der Fragen anhand von fünf ordinal skalierten Antwortmöglichkeiten: „keine, leicht, moderat, schwer und extrem“. Die jeweiligen Antworten werden anschließend mit null (keine) bis vier (extrem) Punkten gewertet und in der jeweiligen Hauptkategorie zu einer Teilsumme addiert. Daraus resultieren für die Kategorien folgende Spannweiten: Schmerz (0-20 Punkte), Steifigkeit (0-8 Punkte) und Funktion (0-68 Punkte). (Bellamy et al., 1988; Collins et al., 2011)

In dieser Arbeit wurde der WOMAC-Score mithilfe des KOOS-Kniefragebogens erhoben. Bei diesem Score handelt es sich um eine Erweiterung des WOMAC-Scores, der insbesondere für junge und aktive Patienten angewendet wird (Roos et al., 2003). Unter Zuhilfenahme des „KOOS-User-Guides“ wurde der KOOS-Kniefragebogen in den WOMAC-Score umgewandelt (Roos, 2003). In einem zweiten Schritt wurde aus dem WOMAC-Score der WOMAC-transformed berechnet. Dafür wurden die in der jeweiligen Kategorie erreichten Punktzahlen mit einer Formel in eine normalisierte prozentuale Punktzahl umgewandelt (Roos, 2003): *WOMAC transformed* = $100 - (\text{ursprünglicher Wert} \times 100 / \text{maximale Punktzahl der jeweiligen Kategorie})$

100 Punkte im Test bedeuteten keine Probleme des betroffenen Gelenks hinsichtlich Schmerzen, Steifheit und Funktion, während null Punkte die größtmöglichen Probleme abbildeten. (Feucht et al., 2020; Roos, 2003)

Die Veränderungen von Patienten im WOMAC-Score wurden anhand der „minimal clinically important difference“ (MCID), also der "minimalen klinisch relevanten Differenz" bewertet. In der Medizin bezieht sich der MCID auf die kleinste Veränderung in einem bestimmten Ergebnismaß, die für Patienten als klinisch relevant angesehen wird (Jaeschke et al., 1989). Auf diese Weise kann eingeschätzt werden, ob eine Intervention oder Behandlung tatsächlich eine spürbare

Veränderung im Gesundheitszustand oder in den Symptomen eines Patienten bewirkt. (Clement et al., 2018)

2.8.2 Lysholm-Knee-Score

Der Lysholm-Score wurde ursprünglich als ein von Ärzten verwalteter Fragebogen für die klinische Nachuntersuchung von ligamentären Operationen am Kniegelenk konzipiert (Lysholm et al., 1982). Erst im Laufe der Zeit wurde der Fragebogen zu einem Patient-Reported-Outcome Instrument modifiziert und ohne klinische Untersuchung eines Arztes selbstständig von den Patienten ausgefüllt (Briggs et al., 2006; Briggs et al., 2009; Collins et al., 2011). Während sich die modifizierte Version von 1985 noch auf Verletzungen der Kreuzbänder und der Menisken konzentrierte, wird der Lysholm-Score heutzutage auch für die Evaluation von patellaren, knorpeligen und anderen Verletzungen des Kniegelenks verwendet (Briggs et al., 2006; Briggs et al., 2009; Collins et al., 2011).

Der modifizierte Lysholm-Knee-Score umfasst acht Fragen, welche sich in drei Kategorien zusammenfassen lassen: physische Funktion (6 Fragen), Schmerzen (1 Frage) und Symptome (1 Frage) (Briggs et al., 2006; Lysholm et al., 1982).

Für die Auswertung des Lysholm-Knee-Scores wurde jeder Antwort des Patienten eine vordefinierte Punktzahl zugeordnet. Im Anschluss wurden die jeweiligen Punkte pro Antwort summiert und bildeten das Endergebnis des Scores. Die maximal erreichbare Punktzahl lag bei 100 Punkten für keinerlei Beeinträchtigungen des Patienten, während null Punkte im Test die größtmöglichen Beschwerden widerspiegeln (Collins et al., 2011).

2.8.3 Tegner-Aktivitätsskala

Die Tegner-Aktivitätsskala ist ein 1985 erstmals publizierter Fragebogen zur Beurteilung der physischen und sportlichen Aktivität von Patienten nach Erkrankungen oder Verletzungen des Kniegelenks (Tegner et al., 1985). Als subjektiver Fragebogen ermöglicht die Skala eine standardisierte Bewertung der sportlichen und körperlichen Aktivitäten eines Patienten (Collins et al., 2011). Ursprünglich diente der Tegner-Score den Ärzten Lysholm und Tegner als Ergänzung zum zeitgleich von ihnen publizierten Lysholm-Knee-Score. Das Ziel dieser Erweiterung war, Verbesserungen im Lysholm-Score zu detektieren, die lediglich durch eine verminderte körperliche Aktivität der Patienten verursacht wurden (Collins et al., 2011; Tegner et al., 1985).

Die Tegner-Skala beinhaltet elf unterschiedliche Aktivitätsgrade. Diese reichen von leichten physischen Aktivitäten wie Gehen auf ebenem Boden bis zum Ausüben von Sportarten auf internationalem Wettkampfniveau (0-11 Punkte). Kreuzte ein Patient null Punkte auf der Tegner-Skala an, entspricht dies einer Arbeitsunfähigkeit beziehungsweise Berentung. Zehn Punkte im

Test kreuzten Patienten an, die eine Sportart auf nationalem oder internationalem Wettkampfniveau ausüben. (Collins et al., 2011)

2.8.4 Visuelle Analogskala zur Schmerzbewertung

Eine subjektive Bewertung des Schmerzniveaus eines Patienten kann mithilfe der visuellen Analogskala (VAS) für Schmerzen erfolgen (Hawker et al., 2011; Schomacher, 2008). Anhand einer visuellen Skala mit den Zahlen null bis zehn kann das subjektive Schmerzniveau eines Patienten ermittelt werden. Dabei entspricht der Anfangspunkt der Skala der völligen Schmerzfreiheit (0), während das Ende der Skala die stärksten vorstellbaren Schmerzen abbildet (10). Entsprechend dem eigenen individuellen Schmerzniveau kann jeder Patient eine Markierung auf der horizontalen Skala setzen, die dem aktuellen Schmerzempfinden entspricht. (Schomacher, 2008)

Für die Auswertung wurde vom Nullpunkt ausgehend die angegebene Markierung des Patienten vermessen und notiert.

2.8.5 Konzipierter Fragebogen für Return-to-Sports

Um die Frage zu beantworten, in welchem Umfang Patienten nach der Versorgung mit einer patellofemorale Inlay-Prothese zu ihrem ursprünglichen Aktivitätslevel zurückkehren konnten, wurde für diesen Unterbereich der Studie ein „Return-to-Sports“ Fragebogen konzipiert.

Im ersten Teil des Fragebogens wurden die Patienten nach ihren körperlichen Aktivitäten und Sportarten befragt, die vor und nach der Operation ausgeübt wurden. Dies erfolgte durch einen Sportaktivitäts-Fragebogen nach Salzmann, der 32 häufige Sportarten aufführt (Salzmann et al., 2009). Im weiteren Verlauf des Fragebogens wurde sich nach der Häufigkeit von sportlichen Aktivitäten erkundigt. Patienten konnten auf einer Häufigkeitsskala zwischen „weniger als einmal pro Woche“ bis zu „siebenmal pro Woche/täglich“ auswählen. Das Leistungsniveau der sportlichen Tätigkeiten der Studienteilnehmer wurde anhand einer Ordinalskala erhoben. Die Probanden konnten ihr jeweiliges Level mit den Antwortmöglichkeiten „kein Sport“, „Freizeitsport“, „Amateursport mit Teilnahme an Wettkämpfen“, oder „Profisport“ angeben. Im Falle einer eingeschränkten Sportfähigkeit wurden die Patienten nach der Ursache befragt. Diese konnten für die Verschlechterung das erkrankte Kniegelenk, andere körperliche Beschwerden oder persönliche Ursachen (Familie, Karriere, andere Interessen, etc.) angeben. Bei der postoperativen Befragung der Patienten wurde zusätzlich nach dem heutigen Zustand, beziehungsweise der Sportfähigkeit des operierten Kniegelenks im Vergleich zum präoperativen Zustand, gefragt. Probanden konnten mithilfe einer weiteren qualitativen Ordinalskala zwischen den Antwortmöglichkeiten „verbessert“, „ohne Veränderung“, oder „verschlechtert“ auswählen.

2.9 Datenerhebung - radiologische Beurteilung

Im Rahmen der Diagnostik und operativen Planung erhielten die Patienten eine umfangreiche Bildgebung mit Röntgen-, MRT- und gegebenenfalls CT-Untersuchungen. Für den Hauptteil der Studie wurden die entstandenen Bilddaten mit der Bildverarbeitungssoftware OsiriX® (Version 5.9) retrospektiv vermessen und ausgewertet. Ziel der weiteren Datenverarbeitung war das Erfassen von präoperativen Risikofaktoren, die das postoperative Ergebnis der Versorgung mit einer patellofemorale Arthroplastik beeinflussen könnten.

Die Erhebung der radiologischen Scores erfolgte durch zwei unabhängige Untersucher, welche die Messung verblindet voneinander durchführten. Beide Untersucher führten die Auswertung der Aufnahmen zweimal durch, mit einem Abstand von mindestens einem Monat zwischen den Messungen. Dabei erfolgte die zweite Messung der radiologischen Daten verblindet und unabhängig von der ersten Messung des jeweiligen Untersuchers. Die verwendeten radiologischen Kriterien sind in Tabelle 5 aufgeführt:

Tabelle 5: Radiologische Messmethoden

Funktion	Klassifikation
<ul style="list-style-type: none"> - Klassifikation der tibiofemorale Arthrose 	<ul style="list-style-type: none"> - Kellgren-Lawrence (Röntgenaufnahme)
<ul style="list-style-type: none"> - Klassifikation der patellofemorale Arthrose 	<ul style="list-style-type: none"> - Iwano (Röntgenaufnahme)
<ul style="list-style-type: none"> - Bestimmung der vertikale Patella position (Patella alta) 	<ul style="list-style-type: none"> - Insall-Salvati-Index (Röntgenaufnahme) - Patella-Trochlea-Index nach Biedert (MRT)
<ul style="list-style-type: none"> - Klassifikation des patellofemorale Gleitlagers 	<ul style="list-style-type: none"> - TT-TG-Abstand (MRT) - TT-PCL-Abstand (MRT) - Patelladysplasie nach Dejour (MRT)

2.9.1 Tibiofemorale Arthrose nach Kellgren-Lawrence

Die Kellgren-Lawrence Klassifikation ist eine radiologische Messmethode zur Beurteilung einer tibiofemorale Arthrose des Kniegelenks (Kellgren et al., 1957).

Die Einteilung der Arthrose erfolgt in fünf unterschiedlichen Schweregraden (0-4) durch Röntgenaufnahmen im anterior-posterioren Strahlengang. Charakterisiert werden die verschiedenen Schweregrade durch unterschiedliche morphologische Arthrose-Merkmale. Zu diesen Kriterien gehören neben der Beurteilung des Gelenkspaltes die Identifikation von knöchernen, druckbedingten Anbauten (Osteophyten) sowie die Bewertung der subchondralen Knochenverhältnisse. Die morphologischen Veränderungen des Gelenks für die entsprechende Klassifikation sind in Abbildung 8 zusammengefasst. (Kellgren et al., 1957; Kohn et al., 2013)

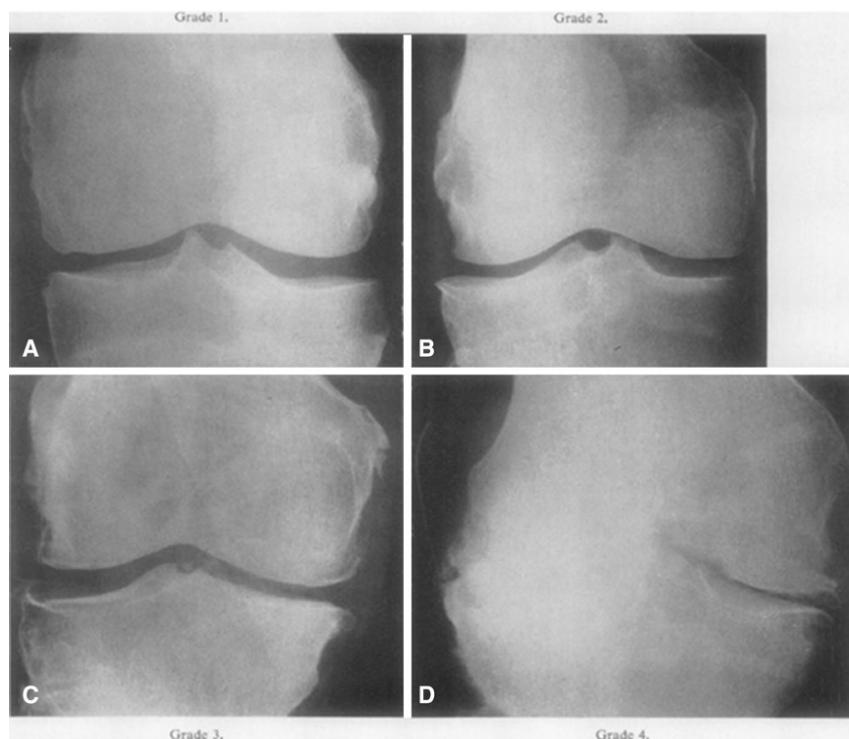


Abbildung 8: Kellgren-Lawrence Klassifikation für Osteoarthritis des femoropatellaren Gelenks

Röntgenaufnahme des Kniegelenks (anterior-posteriorer Strahlengang): (A) „Grad 1: fragliche Verschmälerung des Gelenkspaltes, mögliche Osteophyten, (B) Grad 2: mögliche Verschmälerung des Gelenkspaltes, definitive Osteophyten, (C) Grad 3: definitive Verschmälerung des Gelenkspaltes, multiple Osteophyten, (D) Grad 4: starke Verschmälerung des Gelenkspaltes, ausgeprägte Osteophyten, ausgeprägte Sklerose, definitive Verformung der Tibia und des Femurs“ (Kellgren et al., 1957; Kohn et al., 2016)

Abbildung aus: Kellgren-Lawrence, Radiological assessment of osteoarthritis, *Annals of the Rheumatic Disease* 1957; 16:494–502 (Kellgren et al., 1957)

2.9.2 Patellofemorale Arthrose nach Iwano

Die Klassifikation der patellofemorale Arthrose nach Iwano dient der Einteilung einer Osteoarthrose des patellofemorale Kompartiments in vier unterschiedliche Stadien (0-4) (Iwano et al., 1990).

Der Fokus für die Klassifikation richtet sich auf den Gelenkspalt zwischen Patella und Femur. Dieser kann durch Schäden des hyalinen Gelenkknorpels verschmälert vorliegen, im Falle einer fortgeschrittenen Arthrose sogar Knochen-Knochen Kontakt aufweisen (Iwano et al., 1990).

Für eine optimale Beurteilung der Aufnahmen muss der Gelenkspalt zwischen Patella und Trochlea gut einsehbar sein. Dafür werden Röntgenaufnahmen des Kniegelenks in 30-45° Beugestellung verwendet (Abbildung 9) (Merchant et al., 1974).

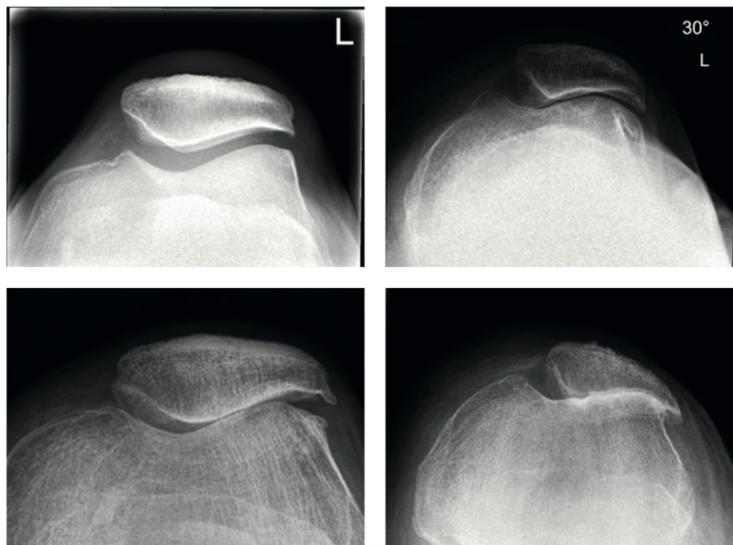


Abbildung 9: Iwano-Klassifikation für Osteoarthrose des patellofemorale Gelenks

Röntgenaufnahme des linken Kniegelenks (axial), von oben links nach unten rechts: Grad 1: „Milde Verschmälerung des Gelenkspaltes (> 3 mm an der engsten Stelle), Grad 2: Moderate Verschmälerung des Gelenkspaltes (< 3 mm an der engsten Stelle), Grad 3: Knochen-Knochen Kontakt auf bis zu einem Viertel der Artikulation, Grad 4: Knochen-Knochen Kontakt auf mehr als einem Viertel der Artikulation“ (AGA-Komitee-Knie-Patellofemorale, 2017; Iwano et al., 1990)

Abbildung aus: AGA Komitee Heft III: Die generative Erkrankung des Patellofemoralegelenks, Diagnose und stadiengerechte Therapie, Gesellschaft für Arthroskopie und Gelenkchirurgie, 2017, Seite 13 (AGA-Komitee-Knie-Patellofemorale, 2017)

2.9.3 TT-TG- und TT-PCL-Abstand

Als ein Risikofaktor für die Entstehung einer patellofemorale Instabilität gilt ein vergrößerter Abstand zwischen der Tuberositas tibiae (TT) und dem tiefsten Punkt der Trochlea (Trochlea groove/TG), der sogenannte TT-TG-Abstand (Dejour et al., 1994). Eine häufige Ursache für

einen vergrößerten TT-TG-Wert ist die Lateralisierung der Tuberositas tibiae (Goutallier et al., 1978; Hingelbaum et al., 2014). Als Ansatzpunkt der Patella-Sehne kann die veränderte Lage der Tuberositas zu einer instabilen Führung der Patella im patellofemorale Gelenk beitragen und somit veränderte Druckverhältnisse sowie Schäden des hyalinen Gelenkknorpels begünstigen (AGA-Komitee-Knie-Patellofemorale, 2017; Stephen et al., 2015; Ward et al., 2004).

Die Vermessung des TT-TG-Abstands in axialen MRT-Aufnahmen des Kniegelenks erfolgt in unterschiedlichen Schichten (Schöttle et al., 2006). Proximal beginnend wird zunächst die Schicht aufgesucht, in der die Trochlea vollständig vom hyalinen Knorpel bedeckt ist. In dieser Schicht wird eine Linie (dFCL) parallel zu den beiden dorsalen Femurkondylen gezogen. Von dieser Linie ausgehend wird rechtwinklig eine weitere Linie eingezeichnet, die den tiefsten Punkt des Sulcus trochlearis des Femurs durchkreuzt (TG). Im nächsten Schritt folgt das Aufsuchen der MR-Schicht, bei der die Patella-Sehne an ihrem Ansatz an der Tuberositas tibiae vollständig abgebildet wird. Von diesem vordersten Punkt der Tuberositas tibiae ausgehend (TT) wird eine weitere rechtwinklige Linie gezogen. Die Distanz zwischen den rechtwinkligen Linien von (TT) und (TG) entspricht dem TT-TG Wert (Abbildung 10). (Schöttle et al., 2006; Seitlinger et al., 2012)

In dieser Studie wurde ein TT-TG-Abstand von > 20 mm als pathologisch betrachtet (Dejour et al., 1994; Heidenreich et al., 2017; Meidinger et al., 2010).

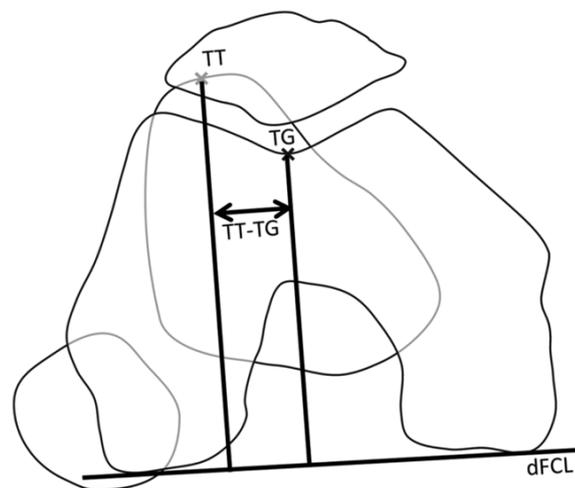


Abbildung 10: Vermessung des TT-TG-Abstands

Schematische Darstellung der Vermessung des TT-TG-Abstands: Tuberositas tibiae (TT), TT-TG-Abstand (TT-TG), Trochlea groove (TG), dorsale Femur-Kondylar-Linie (dFCL)

Abbildung aus: Tibial Tubercle–Posterior Cruciate Ligament Distance, Gerd Seitlinger, 2012, *The American Journal of Sports Medicine*, Vol. 40, No. 5 (Seitlinger et al., 2012)

Ein weiterer Risikofaktor für eine patellofemorale Instabilität ist der Abstand zwischen der Tuberositas tibiae und dem „posterior cruciate ligament“, dem hinteren Kreuzband (TT-PCL) (Seitlinger et al., 2012).

Für die Ermittlung des TT-PCL-Abstands im MRT muss zunächst die tiefste axiale Schicht gewählt werden, in der das hintere Kreuzband (PCL) als kreisrunde Struktur noch erkennbar ist. In dieser Schicht wird eine Linie (dTCL) parallel zu den dorsalen Tibiakondylen gezogen. Von dieser Linie aus wird rechtwinklig eine weitere Linie gezogen, die den medialen Rand des hinteren Kreuzbandes berührt. Nun kann, parallel zur Bestimmung des TT-TG Wertes, die Tuberositas tibiae (TT) in einer tieferen Schicht aufgesucht werden und von ihrem vordersten Punkt der Abstand zur ersten Linie ermittelt werden (Abbildung 11). Pathologische Werte erreichte der TT-PCL bei Werten > 21 mm. (Boutris et al., 2018; Seitlinger et al., 2012)

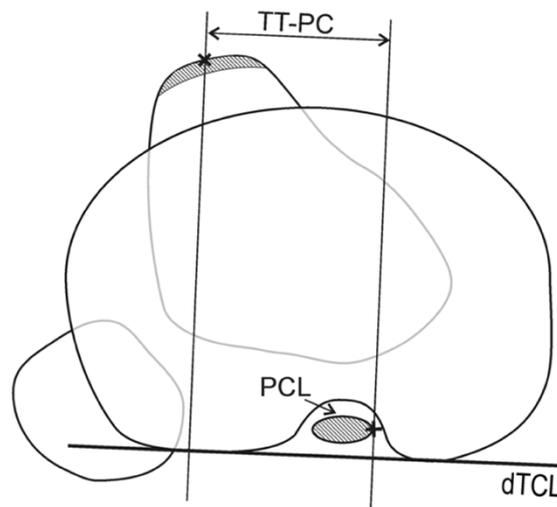


Abbildung 11: Vermessung des TT-PCL-Abstands

Schematische Darstellung der Vermessung des TT-PCL-Abstands: Tuberositas tibiae (TT), TT-PCL-Abstand (TT-PC), posterior cruciate ligament/hinteres Kreuzband (PCL), dorsale Tibia-Kondylar-Linie (dFCL)

Abbildung aus: Tibial Tubercle–Posterior Cruciate Ligament Distance, Gerd Seitlinger, 2012, *The American Journal of Sports Medicine*, Vol. 40, No. 5 (Seitlinger et al., 2012)

2.9.4 Trochleadysplasie nach Dejour

Die Trochleadysplasie gilt als wichtiger Faktor in der Ätiologie der patellofemorale Instabilität (Dejour et al., 1994; Diederichs et al., 2013).

Definiert ist die Trochleadysplasie durch eine verminderte Tiefe der Trochlea, häufig in Kombination mit einer unphysiologischen Anatomie der Trochleafacetten (Diederichs et al., 2013). Bei

rund 93 % der Patienten tritt diese zusätzlich auf der kontralateralen Seite auf, sodass von einer konstitutionellen Anlagestörung ausgegangen werden kann (Dejour et al., 1994; Diederichs et al., 2013). Folgen einer Dysplasie können eine unsichere knöcherne Führung der Patella sein, die in einem erhöhten Risiko für Luxationen und Schäden des Gelenkknorpels resultiert (Diederichs et al., 2013).

Ursprünglich bediente man sich für die Einteilung der Trochleadysplasie nach Dejour konventioneller Röntgenaufnahmen. Die Klassifikation ist jedoch auch auf MRT-Aufnahmen übertragbar und hat sich insbesondere im klinischen Alltag durchgesetzt. (Diederichs et al., 2013; Salzmann et al., 2010)

Die Vermessung der Trochlea erfolgt in einer der drei proximalsten MRT-Schichten, in der sich die Trochlea bereits vollständig mit hyalinem Knorpel bedeckt zeigt. Die Einteilung erfolgt in vier unterschiedliche Dysplasie-Typen (A-D). Eine Typ A Dysplasie ist durch eine abgeflachte Trochlea erkennbar, die durch einen Sulcus-Winkel von $> 145^\circ$ geprägt wird. Bei einer Typ B Dysplasie imponiert eine flache Trochlea ohne erkennbaren Sulcus. Eine Typ C Dysplasie zeichnet sich durch eine asymmetrische Trochlea aus, die von einer konvexen lateralen Facette und einer hypoplastischen medialen Facette begleitet wird. Radiologisches Merkmal der Typ D Dysplasie sind ebenfalls asymmetrische Trochleafacetten, jedoch imponiert hier zusätzlich eine buckelartige Vorwölbung der zentralen Trochlea (Abbildung 12). (Dejour et al., 1998; Diederichs et al., 2013; Salzmann et al., 2010)

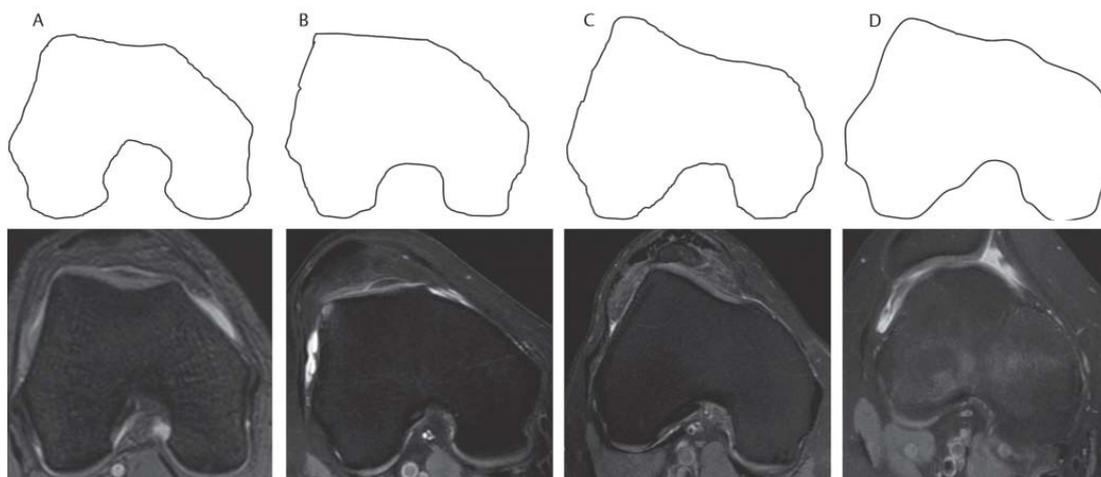


Abbildung 12: Klassifikation der Trochleadysplasie nach Dejour

MRT-Aufnahme des Kniegelenks (axial) für die Klassifikation der Trochlea nach Dejour, (A) Typ A Dysplasie, (B) Typ B Dysplasie, (C) Typ C Dysplasie, (D) Typ D Dysplasie

Abbildung aus: MRT nach Patellaluxation: Quantifizierung der Risikofaktoren und Beschreibung der Folgeschäden, Gerd Diederichs, RöFo, Georg Thieme Verlag, Seite 613, 2013 (Diederichs et al., 2013)

2.9.5 Insall-Salvati-Index

Die Patellahöhe beschreibt die Lokalisation der Patella in der Vertikalen und wird durch die Länge des Ligamentum patellae sowie durch die Lage der Tuberositas tibiae bestimmt (Jerosch et al., 2013). Eine physiologische Höhe der Patella liegt vor, wenn bei einer Beugung von 40° im Kniegelenk der obere Rand der Patella mit dem oberen Rand des lateralen Femurkondylus plan abschließt (Jerosch et al., 2013). In dieser Konstellation ist der Kontakt der Patella mit der Fläche der Facies patellaris des Femurs breitflächig und begünstigt eine physiologische Druckverteilung im Gelenk (Jerosch et al., 2013). Steht die Patella jedoch ober- oder unterhalb dieses physiologischen Bereiches (Patella alta/baja), kann es zu einer verstärkten patellofemorale Belastung kommen (Ward et al., 2004).

Die radiologische Bestimmung der Patellahöhe erfolgt anhand des Index nach Insall-Salvati (ISI), der sich Röntgenaufnahmen des Kniegelenks in der streng-seitlichen Aufnahme bedient (Insall et al., 1971). Der ISI wird aus dem Verhältnis zwischen der Länge der Patella-Sehne und dem längsten sagittalen Durchmesser der knöchernen Patella gebildet. Für die Ermittlung des ISI wird zunächst die Patellarsehne von ihrem Ansatz an der Tuberositas tibiae bis zum unteren Pol der Patella vermessen (B). Der ermittelte Wert wird ins Verhältnis zum längsten sagittalen Durchmesser der Patella (A) gesetzt (Abbildung 13). In der ursprünglichen Studie von Insall et al. repräsentiert ein Wert von 1 (B/A) eine normwertige Patella-Höhe, während ein Wert von $< 0,8$ eine Patella baja und ein Wert von $> 1,2$ eine Patella alta kennzeichnet. (Insall et al., 1971)



Abbildung 13: Vermessung des Insall-Salvati-Index

Seitliche Röntgenaufnahme des Kniegelenks mit der Vermessung des Insall-Salvati-Index: (A) längster sagittaler Durchmesser der Patella, (B) Strecke zwischen unterem Patella Pol und der Tuberositas tibiae

Abbildung aus: *Facharztwissen Orthopädie Unfallchirurgie*, Norbert Harrasser, Rüdiger von Eisenhart-Rothe, Peter Biberthaler, Springer Verlag 2021 (Harrasser et al., 2021)

2.9.6 Patella-Trochlea-Index nach Biedert

Eine weitere radiologische Methode für die Detektion einer Patella alta stellt die Vermessung des Patella-Trochlea-Index nach Biedert (PTI) dar. Während der ISI die Position der Patella anhand von seitlichen Röntgenaufnahmen bestimmt, erfolgt die Vermessung des PTI anhand von seitlichen MRT-Aufnahmen des Kniegelenks (Abbildung 14). (Biedert et al., 2006)

Der PTI wird durch das Verhältnis zwischen der Gelenkfläche der Trochlea des Femurs (BLt) und der korrespondierenden Gelenkfläche der Patella (BLp), angegeben in Prozent (BLt/BLp), gebildet. Die Vermessung erfolgt in sagittaler Kernspinaufnahme des Kniegelenks bei 0° Extension und 15° Außenrotation des Beines. In dieser Arbeit wurde, entsprechend der Publikation von Biedert et al., ein Verhältnis von $< 0,28$ als pathologisch definiert. (Biedert et al., 2006; Biedert et al., 2017)

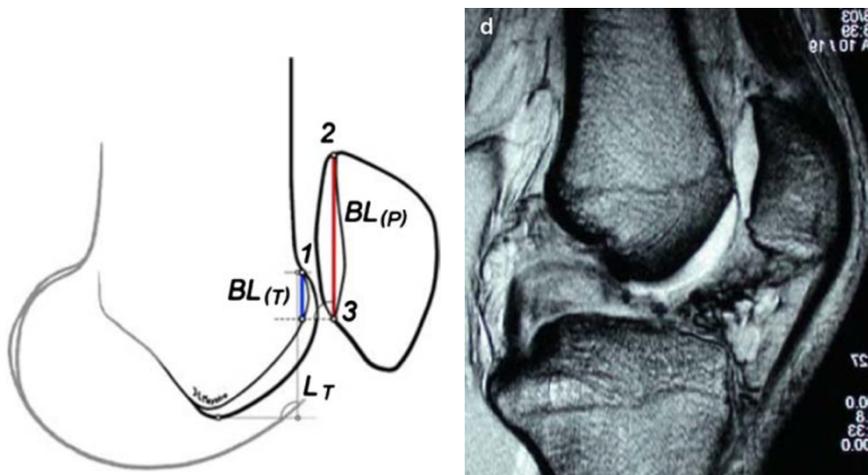


Abbildung 14: Vermessung des Patella-Trochlea-Index nach Biedert

Schematische seitliche Abbildung des Kniegelenks (links) mit eingezeichnetem patellofemoralem Index nach Biedert: Basislinie Patella (BLp), Basislinie Trochlea (BLt), Länge der Trochlea (LT), Sagittale MRT-Aufnahme des Kniegelenks (rechts)

Abbildung aus: *the patellotrochlear Index, a new index for assessing patellar height*, Roland Biedert, Silvia Albrecht, *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy* 2006, Vol. 14 Issue 8 Pages 707-712 (Biedert et al., 2006)

2.10 Statistische Auswertung

Die Auswertung der Daten erfolgte mithilfe der Statistik- und Analyse-Software SPSS der Firma IBM (Version 25.0; New York; USA).

Im Hauptteil der Studie erfolgte die Angabe von normalverteilten Daten als Mittelwert \pm Standardabweichung. Kategoriale Variablen hingegen wurden als Häufigkeit oder in Prozent angegeben. Mithilfe des Kolmogorov-Smirnov-Tests wurde die Normalverteilung der Daten geprüft. Für normalverteilte kontinuierliche Variablen erfolgte die Auswertung mittels t-Test für zwei Stichproben (ungepaart). Der Vergleich von nicht-normalverteilten kontinuierlichen sowie kategorischen Variablen wurde mittels Mann-Whitney-U-Test oder exaktem Fisher-Test durchgeführt.

Die Bestimmung der Reproduzierbarkeit wurde mithilfe eines Intraclass-Korrelationskoeffizienten (ICC) für kontinuierliche Variablen berechnet. Für den ICC wurden Werte von $> 0,9$ als exzellent, $0,8 - 0,9$ als gut und $< 0,8$ als schlecht festgelegt. Für kategoriale Variablen wurde das Cohens Kappa verwendet. Die Stärke der Übereinstimmung wurde eingeteilt in „fast perfekt“ ($> 0,81$), „substanziell“ ($0,61 - 0,80$), „mäßig“ ($0,41 - 0,60$) und "angemessen" ($0,21 - 0,40$) (Landis et al., 1977). (Feucht et al., 2020)

Mit der Software G*Power 3.1 (Franz Paul, Kiel, Deutschland) wurde eine Post-hoc-power-Analyse durchgeführt. Auf der Grundlage der eingeschlossenen Studienpopulation und einem α von $0,05$ wurde eine Leistung von $0,85$ für die Erkennung des MCID für den WOMAC-total (10 ± 10 Punkte) und den VAS-Schmerz-Score (2 ± 2 Punkte) berechnet.

Für den Return-to-Sports Teil der Studie wurden normalverteilte Daten ebenfalls mithilfe des Mittelwerts und der Standardabweichung angegeben. Die nicht-normalverteilten Daten wurden hingegen als Median und Interquartilsabstand (25.-75. Perzentile) dargestellt. (Pogorzelski et al., 2020) Für nicht-normalverteilte Werte erfolgte der Vergleich zwischen präoperativen und postoperativen Ergebnisparametern unter Zuhilfenahme des Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Tests. Für den Vergleich zwischen erfolgreichen und gescheiterten Versorgungen wurde der Mann-Whitney-U-Test für unabhängige Stichproben verwendet.

In einer früheren Validierungsstudie wurde für den WOMAC-Gesamtscore ein MCID von 15 Punkten für Patienten nach Knieendoprothetik ermittelt (Clement et al., 2018; Tubach et al., 2005). Eine a priori durchgeführte Power-Analyse errechnete für den WOMAC Gesamtscore eine zu detektierende Differenz von 15 Punkten und eine Standardabweichung von zehn Punkten.

Das Signifikanzniveau wurde a priori für beide Teilbereiche auf $< 0,05$ festgelegt.

3. Ergebnisse

Insgesamt 99 Patienten erhielten im Zeitraum von September 2009 bis Oktober 2016 eine isolierte oder kombinierte patellofemorale Inlay-Arthroplastik mit einer HemiCAP® Wave Prothese in der Abteilung und Poliklinik für Sportorthopädie des Klinikums rechts der Isar.

In diesem Zeitraum wurden insgesamt 109 Operationen mit der patellofemorale Inlay-Prothese durchgeführt. 73 Patienten erhielten eine isolierte Prothese, ohne weitere Begleit Eingriffe, während bei 36 Studienteilnehmern neben dem künstlichen Gelenkersatz auch ein begleitender Eingriff durchgeführt wurde. Zehn Patienten erhielten sowohl am rechten als auch am linken Kniegelenk eine HemiCAP® Wave Prothese (Abbildung 15).

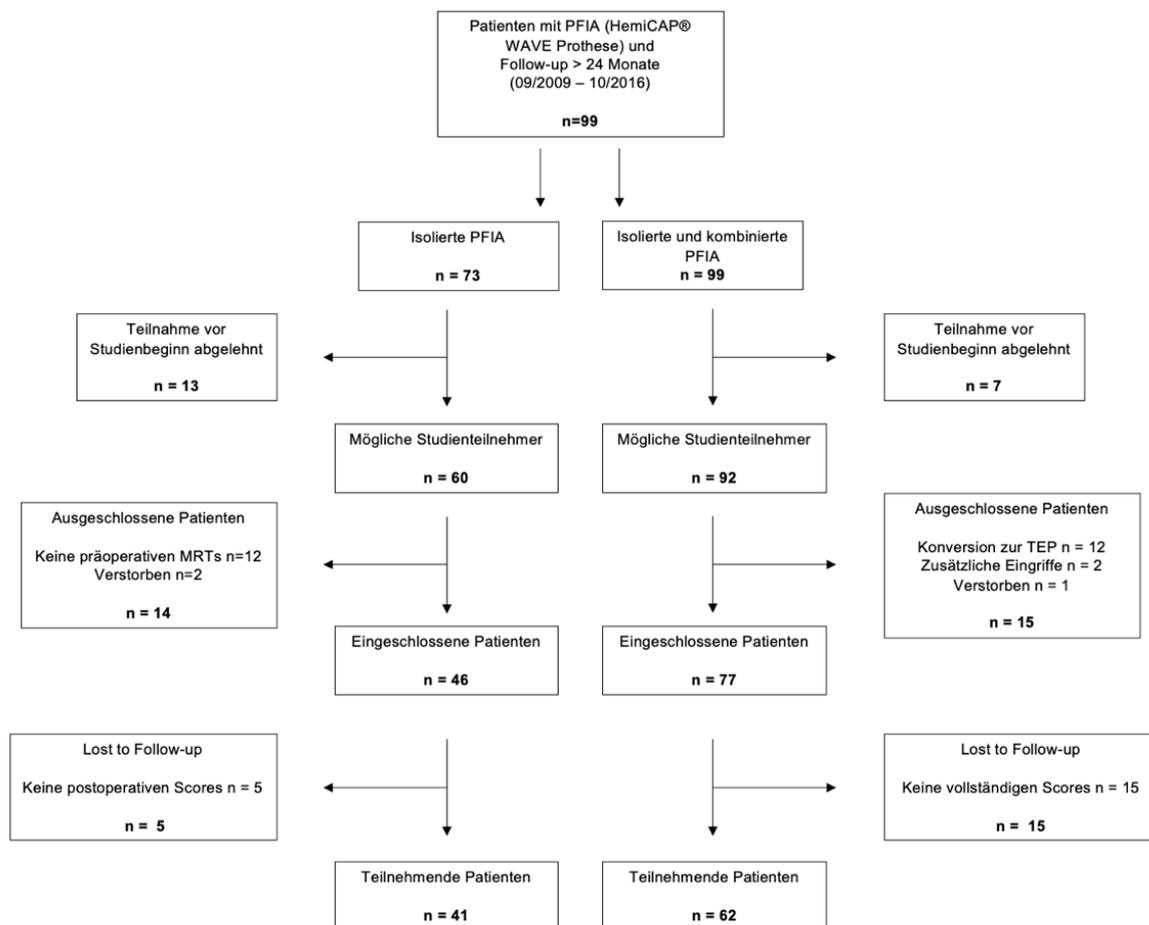


Abbildung 15: *Flowchart des Studienkollektivs*

Ergebnisse und anatomische präoperative Risikofaktoren (links), Return-to-Sport (rechts)

3.1 Klinische Ergebnisse und anatomische präoperative Risikofaktoren

Für diesen Teil der Studie wurden ausschließlich Patienten mit einer isolierten patellofemorale Arthroplastik ohne Begleiteingriffe berücksichtigt. Im entsprechenden Zeitraum betraf dies ein Kollektiv von 73 Patienten, von denen jedoch 13 Patienten die Teilnahme an den Studien bereits präoperativ ablehnten. Von den 60 potenziellen Studienteilnehmern wurden weitere 19 Patienten von der Studie ausgeschlossen: Ursache dafür war das Fehlen von postoperativen Scores (n=5), das Fehlen von präoperativen MRT-Aufnahmen (n=12) sowie der Tod von Patienten im Verlauf des Follow-ups (n=2). Somit standen für die Auswertung 41 Patienten mit einem Nachbeobachtungszeitraum von mindestens 24 Monaten zur Verfügung (Abbildung 15).

Im Anschluss erfolgte die Unterteilung der 41 Patienten in eine „Failure“ (n=15) und eine „non-Failure“ (n=26) Gruppe. Die Einteilung in die „Failure“ Gruppe erfolgte anhand folgender Kriterien: (1) Konversion der patellofemorale Inlay-Prothese in eine Knie totalendoprothese (n=5) oder (2) das Verfehlen des MCID für die Scores VAS-Schmerz oder WOMAC-total (n=10).

Unter den 41 Studienteilnehmern in diesem Teil der Studie befanden sich 25 weibliche (61 %) und 16 männliche Patienten (39 %). Das durchschnittliche Alter der Studienteilnehmer zum Zeitpunkt der Operation lag bei 48 ± 13 Jahren mit einem mittleren BMI von $26 \pm 3,5$ kg/m². Patienten in der gescheiterten Gruppe waren signifikant älter ($p = 0,038$) (Tabelle 6). Bei insgesamt 12 der 41 Patienten (29 %) fand bei der prothetischen Versorgung ein zusätzliches Resurfacing der Patella statt, ohne jedoch einen signifikanten Unterschied hinsichtlich der „Failure“ Rate ($p = 0,003$) oder den klinischen Ergebnissen ($p > 0,05$) zwischen den beiden Gruppen zu zeigen ($p = 0,003$).

Tabelle 6: Demographische Daten – Klinische Ergebnisse und anatomische präoperative Risikofaktoren

Merkmal	non-Failure	Failure	Signifikanz (p)
Geschlecht			0,517
- Frauen	17 (65 %)	8 (53 %)	
- Männer	9 (35 %)	7 (47 %)	
Alter (Jahren)	45,0 ± 13,1	53,5 ± 10,5	0,038^a
BMI (kg/m ²)	25,7 ± 3,6	26,8 ± 3,3	0,362

^aStatistisch signifikanter Unterschied zwischen beiden Gruppen

Die ICC-Werte für kontinuierliche Variablen zeigten für alle Messungen „gute“ bis „exzellente“ Ergebnisse (ISI: 0,819, PTI: 0,955, TT-TG: 0,903, TT-PCL: 0,919). Die Kappa-Werte für kategoriale Variablen zeigten bei der patellofemorale OA (Osteoarthritis) „fast perfekte“ (0,941) sowie bei der tibiofemorale OA (0,691) und der Trochleardysplasie (0,749) „substanzielle“ Messungen.

3.1.1 Klinische Evaluation

Die gesamte Studienpopulation sowie die Patienten in der Gruppe der „erfolgreichen“ Versorgung zeigten signifikante Verbesserungen der klinischen Scores im Vergleich vom prä- zum postoperativen Zustand. Lediglich die Studienteilnehmer in der Gruppe der klinischen Versager erreichten keine signifikanten Verbesserungen im Rahmen des Follow-ups. Hingegen konnten die höchsten absoluten Werte sowie die größten Verbesserungen in der Gruppe der „erfolgreichen“ Versorgung beobachtet werden. So zeigten die Ergebnisse des WOMAC Scores bei Patienten in der „non-Failure“ Gruppe signifikant bessere Ergebnisse in den Unterbereichen Schmerz, Steifheit und Funktion als bei Probanden in der Gruppe der klinischen Versager (Tabelle 7).

Tabelle 7: *Ergebnisse des WOMAC-Scores*

WOMAC Score	Gesamt	non-Failure	Klinische Failure
WOMAC-total präoperativ	67,8 ± 13,6	65,7 ± 14,3	73,5 ± 10,2
WOMAC-total 24 Monate	79,0 ± 15,3^a	83,2 ± 13,4^a	67,9 ± 14,9^b
WOMAC-total delta	11,2 ± 19,1	17,6 ± 17,7	-5,5 ± 11,0^b
WOMAC-Schmerz präoperativ	64,9 ± 18,6	60,8 ± 18,7	75,0 ± 14,5^b
WOMAC-Schmerz 24 Monate	82,0 ± 15,4^a	85,4 ± 15,5^a	73,5 ± 12,0^b
WOMAC-Schmerz delta	17,1 ± 22,2	24,6 ± 20,1	-1,5 ± 15,8^b
WOMAC-Steifheit präoperativ	59,3 ± 22,1	56,5 ± 23,1	66,3 ± 18,7
WOMAC-Steifheit 24 Monate	70,4 ± 22,1^a	76,0 ± 18,7^a	56,3 ± 24,5^b
WOMAC-Steifheit delta	11,1 ± 31,1	19,6 ± 27,9	-10,1 ± 29,6^b
WOMAC-Funktion präoperativ	69,8 ± 14,1	68,2 ± 15,2	73,7 ± 10,4
WOMAC-Funktion 24 Monate	78,9 ± 15,8^a	83,4 ± 13,9^a	67,6 ± 15,1^b
WOMAC-Funktion delta	8,4 ± 19,2	14,2 ± 19,1	-6,1 ± 9,2^b

^a Statistisch signifikante Verbesserung im Vergleich zur präoperativen Situation ($p < 0,05$)

^b Statistisch signifikante Verbesserung im Vergleich zur non-Failure Gruppe ($p < 0,05$)

Patienten mit einer Konversion zur TEP wurden von der Datenanalyse ausgeschlossen

Die Werte werden als Mittelwert ± Standardabweichung angegeben

Auch im Bereich der visuellen Analogskala für Schmerz konnte in der Gesamtheit der Studienpopulation eine signifikante Verbesserung der Werte vom prä- zum postoperativen Zustand beobachtet werden. Während die „non-Failure“ Gruppe eine dem MCID entsprechende signifikante Verbesserung der Mittelwerte von $3,6 \pm 1,9$ erreichte, zeigte sich in der Gruppe der klinischen Versager lediglich eine Verbesserung des VAS-Scores von $0,2 \pm 0,8$ Punkten.

Der Lysholm-Score wies ebenfalls signifikant bessere Ergebnisse in der Gruppe der „erfolgreichen“ Versorgungen auf. Während die Veränderung in der „Failure“ Gruppe nach 24 Monaten lediglich bei $11,4 \pm 7,5$ Punkten lag, konnte in der „non-Failure“ Gruppe eine Verbesserung von $28,9 \pm 21,2$ Punkten beobachtet werden (Tabelle 8).

Tabelle 8: *Ergebnisse des VAS- und Lysholm-Knee-Scores*

Klinische Scores	Gesamt	Non-Failure	Klinische Failure
VAS-Schmerz präoperativ	5,6 ± 2,0	6,2 ± 1,8	4,0 ± 1,4^b
VAS-Schmerz 24 Monate	2,9 ± 1,9^a	2,6 ± 2,1^a	3,8 ± 0,9^b
VAS-Schmerz delta	2,6 ± 2,2	3,6 ± 1,9	0,2 ± 0,8^b
Lysholm präoperativ	41,2 ± 18,2	40,2 ± 18,6	43,9 ± 17,8
Lysholm 24 Monaten	65,3 ± 20,4^a	69,1 ± 20,3^a	55,3 ± 18,0^b
Lysholm delta	24,0 ± 20,0	28,9 ± 21,2	11,4 ± 7,5^b

^a Statistisch signifikante Verbesserung im Vergleich zur präoperativen Situation ($p < 0,05$)

^b Statistisch signifikante Verbesserung im Vergleich zur non-Failure Gruppe ($p < 0,05$)

Patienten mit Konversion zur TEP wurden von der Datenanalyse ausgeschlossen

Die Werte werden als Mittelwert ± Standardabweichung angegeben

3.1.2 Radiologische Evaluation

Hinsichtlich radiologischer Merkmale wurden signifikante Unterschiede zwischen Patienten der „Failure“ und „non-Failure“ Gruppen beobachtet (Tabelle 9). So zeigten Studienteilnehmer signifikant höhere Werte für den Index nach Insall-Salvati ($p < 0,001$) sowie signifikant niedrigere Werte für den Patella-Trochlea-Index nach Biedert ($p = 0,038$). Auch der Anteil an pathologischen Werten ($ISI > 1,2$, $PTI < 0,28$) war in der Gruppe der Misserfolge signifikant erhöht (ISI : $p = 0,008$ / PTI : $p = 0,002$) (Abbildung 16). Ein weiterer signifikanter Unterschied zwischen Patienten beider Gruppen zeigte sich im Auftreten einer dysplastischen Trochlea. Während in der Gruppe der Misserfolge 80 % der Studienteilnehmer eine normale Trochlea zeigten, besaßen in der „non-Failure“ Gruppe 73 % der Patienten eine dysplastische Trochlea ($p = 0,001$) (Abbildung 16). Unter den Dysplasieformen waren in der „non-Failure“ Gruppe die Typen A und B führend (jeweils 27 %), gefolgt von Typ C mit 15 % und Typ D mit 5 %.

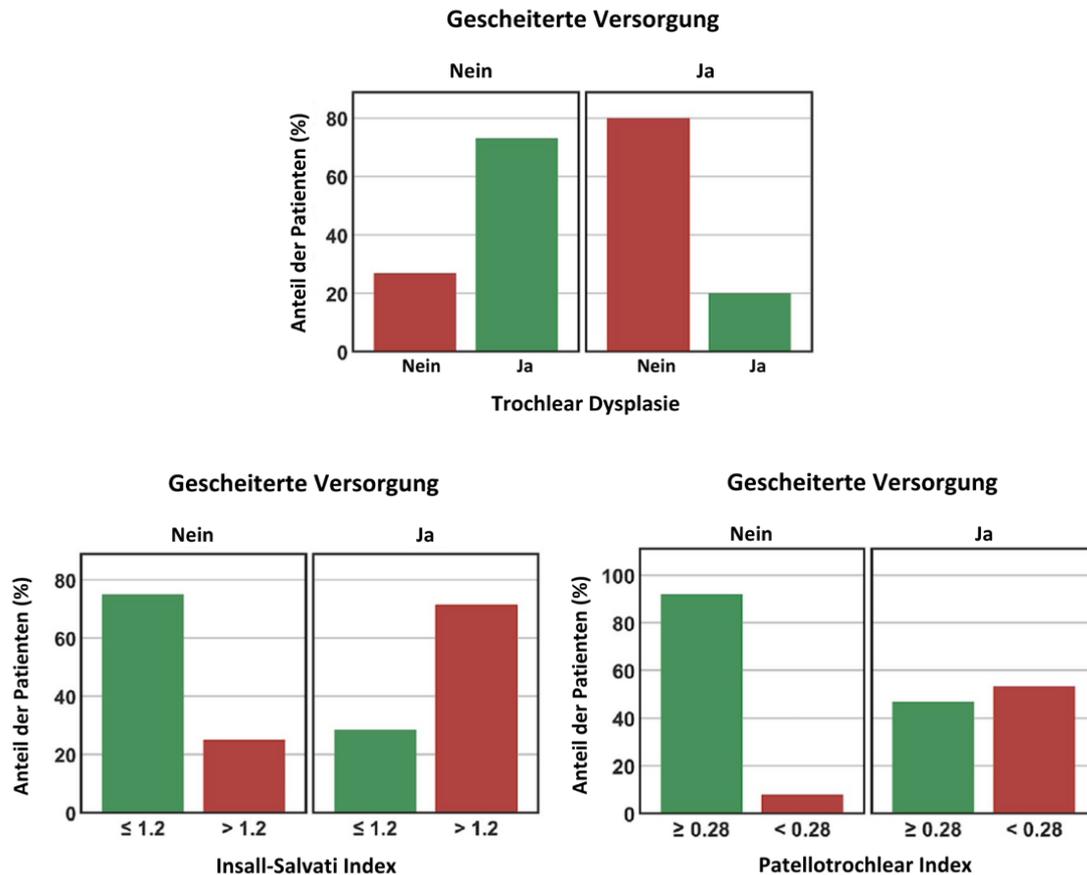


Abbildung 16: Vergleich zwischen erfolgreichen und gescheiterten Versorgungen nach PFIA

Patienten in der Gruppe der „gescheiterten Versorgungen“ erreichten nach 24 Monaten Follow-up nicht den MCID für den WOMAC-total oder VAS-Schmerz oder mussten sich einer Konversion der Prothese unterziehen: (oben) Anteil der Patienten mit einer dysplastischen Trochlea, (links) Anteil der Patienten mit einem veränderten ISI, (rechts): Anteil der Patienten mit einem veränderten PTI (Feucht et al., 2020)

Tabelle 9: Vergleich zwischen "non-Failure" und "Failure"

Messwert	non-Failure	Failure	Signifikanz (p)
Tibiofemorale OA (Kellgren-Lawrence)			0,318
- Keine oder Grad I	15 (63 %)	6 (43 %)	
- Grad II, III, IV	9 (38 %)	8 (57 %)	
Patellofemorale OA (Iwano)			1,000
- Keine oder Grad I	8 (35 %)	5 (39 %)	
- Grad II, III, IV	15 (65 %)	8 (62 %)	
Insall-Salvati-Index			<0,001^a
	1,1 ± 0,2	1,4 ± 0,2	
Insall-Salvati-Index			0,008^a
- ≤ 1,2	18 (75 %)	4 (29 %)	
- > 1,2	6 (25 %)	10 (71 %)	
Patella-Trochlea-Index			0,038^a
	0,5 ± 0,19	0,37 ± 0,18	
Patella-Trochlea-Index			0,002^a
- ≥ 0,28	23 (92 %)	7 (47 %)	
- < 0,28	2 (8 %)	8 (53 %)	
TT-TG-Abstand (mm)			0,065
	11,3 ± 3,9	13,6 ± 3,4	
TT-PCL-Abstand (mm)			0,092
	19,9 ± 5,8	22,9 ± 4,0	
TT-PCL-Abstand			0,156
- ≤ 21 mm	13 (52 %)	4 (29 %)	
- > 21 mm	12 (48 %)	10 (71 %)	

Messwert	non-Failure	Failure	Signifikanz (p)
Trochlear Dysplasie			0,001^a
- Normal	7 (27 %)	12 (80 %)	
- Type A-D	19 (73 %)	3 (20 %)	

^a Statistisch signifikante Verbesserung zwischen beiden Gruppen

Kontinuierliche Variablen werden als Mittelwert \pm Standardabweichung angegeben, kategoriale Variablen werden als Anzahl der Patienten und Prozentsätze pro Gruppe angegeben

Tabelle 10 zeigt die klinischen Ergebnisse (Δ -Werte) der Patienten, bezogen auf die radiologischen Kriterien. Auch hier konnten signifikante Unterschiede im Vergleich zu den präoperativen Messungen festgestellt werden. Patienten mit einem höheren präoperativen Grad der patellofemorale OA erreichten signifikant bessere Werte im Bereich des Δ -WOMAC-totals ($p = 0,046$). Ebenfalls zeigten sich signifikante Verbesserungen für den Δ -WOMAC-total und Δ -VAS-Schmerz bei Patienten mit einem Insall-Salvati-Index von $\leq 1,2$ ($p = 0,001 / p = 0,017$). Ein Patella-Trochlea-Index von $\geq 0,28$ ging mit signifikanten Verbesserungen des Δ -VAS-Schmerz einher ($p = 0,014$). Patienten mit einer dysplastischen Trochlea oder einem verkleinerten TT-PCL-Abstand ≤ 21 mm erreichten ebenfalls signifikante Verbesserungen im Bereich des Δ -VAS-Schmerz ($p = 0,026 / p = 0,020$).

Tabelle 10: Verbesserung der klinischen Ergebnisse

Messwert	Δ -VAS Schmerz	(p)	Δ -WOMAC-total	(p)
Tibiofemorale OA (Kellgren-Lawrence)		0,151		0,957
- Keine oder Grad I	3,0 \pm 2,3		12,4 \pm 17,5	
- Grad II, III, IV	1,9 \pm 1,9		12,8 \pm 21,0	
Patellofemorale OA (Iwano)		0,603		0,046^a
- Keine oder Grad I	3,0 \pm 2,2		1,1 \pm 15,8	
- Grad II, III, IV	2,5 \pm 2,2		15,4 \pm 18,8	
Insall-Salvati-Index		0,017^a		0,001^a
- \leq 1,2	3,4 \pm 2,3		22,9 \pm 14,9	
- $>$ 1,2	1,6 \pm 1,8		2,9 \pm 17,0	
Patella-Trochlea-Index		0,014^a		0,200
- \geq 0,28	3,6 \pm 2,2		15,6 \pm 21,5	
- $<$ 0,28	1,6 \pm 1,7		7,1 \pm 17,0	
TT-PCL-Abstand		0,020^a		0,174
- \leq 21 mm	3,1 \pm 2,1		14,0 \pm 20,4	
- $>$ 21 mm	1,3 \pm 1,8		4,4 \pm 15,7	
Trochleadysplasie		0,026^a		0,060
- Normal				
- Typ A-D	1,9 \pm 2,7		4,5 \pm 20,5	
	3,2 \pm 1,6		16,5 \pm 16,6	

Messwert	Δ -Lysholm-Score	(p)
Tibiofemorale OA (Kellgren-Lawrence)		0,362
- Keine oder Grad I	22,4 ± 19,6	
- Grad II, III, IV	28,7 ± 19,4	
Patellofemorale OA (Iwano)		0,146
- Keine oder Grad I	15,1 ± 22,0	
- Grad II, III, IV	26,8 ± 19,5	
Insall-Salvati-Index		0,010^a
- ≤ 1,2	33,8 ± 17,9	
- > 1,2	16,9 ± 17,5	
Patella-Trochlea-Index		0,031^a
- ≥ 0,28	31,6 ± 22,2	
- < 0,28	17,0 ± 15,8	
TT-PCL-Abstand		0,014^a
- ≤ 21 mm	29,2 ± 21,1	
- > 21 mm	11,5 ± 10,9	
Trochleadysplasie		0,058
- Normal	17,0 ± 17,1	
- Typ A-D	29,6 ± 20,7	

^a Statistisch signifikante Verbesserung zwischen beiden Gruppen

Verbesserung der klinischen Ergebnisse (delta) zwischen den prä- und postoperativen Werten in Bezug auf die radiologischen Messkriterien

Patienten, die sich einer Konversion der Prothese in eine Knie-TEP unterziehen mussten, wurden nicht aufgeführt

Patienten, die den MCID nicht erreichten und somit als „Failure“ gelten, wurden in der Tabelle berücksichtigt
Kontinuierliche Variablen werden als Mittelwert ± Standardabweichung angegeben, kategoriale Variablen werden als Anzahl der Patienten und Prozentsätze pro Gruppe angegeben

3.2 Return-to-Sports

Im Rahmen des Return-to-Sports Teil der Studie lehnten sieben Teilnehmer bereits präoperativ eine Teilnahme an der Studie ab. Daraus resultierte eine Studienpopulation von 92 potenziellen Studienteilnehmern, von denen jedoch weitere 15 Patienten von der Studie ausgeschlossen wurden. Ursächlich dafür war bei zwölf Studienteilnehmern die Konversion der Prothese in eine Knie-TEP, zwei weitere Patienten erhielten postoperativ zusätzliche Eingriffe am selben Kniegelenk und ein Patient verstarb im Laufe des Follow-ups. Von den verbliebenen 77 Patienten gingen im Verlauf des Follow-ups weitere 15 Patienten aufgrund von fehlender Erreichbarkeit verloren. Letztendlich konnten 62 Studienteilnehmer mit einem postoperativen Follow-up von 60 ± 25 Monaten in der Auswertung der Studie berücksichtigt werden (Follow-up-Rate 81 %). Unter den 62 Probanden waren 26 (42 %) männliche und 36 (58 %) weibliche Studienteilnehmer. Zum Zeitpunkt der Operation lag das durchschnittliche Alter der Patienten bei 46 ± 11 Jahren. Der durchschnittliche BMI des Patientenkollektivs lag bei 27 ± 5 kg/m² (Tabelle 11).

Tabelle 11: Demographische Daten - Return-to-Sports

Merkmal	
Geschlecht	
- Frauen	36 (58 %)
- Männer	26 (42 %)
Alter (Jahren)	46 ± 11
BMI (kg/m ²)	27 ± 5

Begleiteingriffe	
- Ja	18 (29 %)
- Nein	44 (71 %)
Versatz der Tuberositas tibiae (n=2)	
Isolierte MPFL-Rekonstruktion (n=5)	
Isolierte DFO (n=5)	
Kombinierte MPFL und Tuberositasersatz (n=4)	
Kombinierte DFO und MPFL-Rekonstruktion (n=1)	
Kombinierte DFO, MPFL-Rekonstruktion und Tuberositas Versatz (n=1)	
Patellar Rückflächenersatz	
- Ja	20 (32 %)
- Nein	42 (68 %)

Alter und Body-Mass-Index werden als Mittelwerte \pm Standardabweichung angegeben

Für die weitere Auswertung der Daten erfolgte die Trennung des Patientenkollektivs in zwei Gruppen: (1) erfolgreiche und (2) fehlgeschlagene Verbesserung der subjektiven sportlichen Fähigkeiten. Die Einteilung in die Gruppen erfolgte anhand der subjektiven Einschätzung der Patienten, ob der Zustand des Kniegelenks als „verbessert“ (n=46), oder als „gleich“ bis „verschlechtert“ wahrgenommen wurde (n=16).

Für die Ermittlung von prädiktiven Faktoren für die postoperative sportliche Leistungsfähigkeit der Patienten wurde eine Subgruppenanalyse durchgeführt (Tabelle 12). Diese zeigte, dass konstitutionelle Faktoren wie das Geschlecht ($p = 0,111$), das Alter ($p = 0,841$) und der BMI ($p = 0,682$) keinen statistisch signifikanten Einfluss auf die postoperative Sportfähigkeit der Patienten hatten. Auch das Resurfacing der Patella-Rückfläche, das bei 20 Patienten der Studie durchgeführt wurde, zeigte keinen signifikanten Einfluss auf das Ergebnis der postoperativen Sportfähigkeit ($p = 0,180$). Zwischen den Verfahren der isolierten und kombinierten patellofemorale Inlay-Arthroplastik konnte ebenfalls kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen der „erfolgreichen“ und der „gescheiterten“ gefunden werden ($p = 0,386$).

Tabelle 12: Vergleich der subjektiven sportlichen Verbesserung

Variable	Erfolgreich	Fehlgeschlagen	Signifikanz (p)
Geschlecht			0,111
- Frauen	24 (52 %)	12 (75 %)	
- Männer	22 (48 %)	4 (25 %)	
Alter (Jahre)	46 (38-55)	46 (41-53)	0,841
Body mass index (kg/m ²)	28 (24-29)	28 (25-31)	0,682
Patella-Rückflächenersatz			0,180
- Nein	29 (63 %)	13 (81 %)	
- Ja	17 (37 %)	3 (19 %)	
Verfahren			0,386
- isoliert	34 (74 %)	10 (63 %)	
- kombiniert	12 (26 %)	6 (37 %)	

Die Werte werden als Median und Interquartilsbereich (25. bis 75. Perzentil) angegeben

Patienten in der erfolgreichen Gruppe gaben eine „verbesserte“ sportliche Leistungsfähigkeit an, Patienten in der fehlgeschlagenen Gruppe gaben eine „gleiche“ bis „verschlechterte“ sportliche Leistungsfähigkeit an

3.2.1 Klinische Evaluation

Für die Auswertung der klinischen Scores wurden die präoperativen Werte mit den Werten des finalen Follow-ups verglichen. Studienteilnehmer erreichten beim WOMAC-Gesamtscore eine Verbesserung der klinischen Werte von 67 ± 16 auf 77 ± 19 Punkte ($p = 0,003$). Auch die Tegner-Aktivitätsskala verzeichnete einen Anstieg der Werte von 3 ± 2 auf 4 ± 1 Punkte ($p < 0,001$). Die visuelle Analogskala zeigte bei der Gesamtheit der Patienten eine sinkende Schmerzintensität von 6 ± 2 auf 3 ± 2 Punkte ($p < 0,001$).

Im Return-to-Sports Fragebogen wurden Patienten nach ihren sportlichen Aktivitäten befragt (Tabelle 13). Der Großteil der Studienteilnehmer betätigte sich präoperativ in Low-Impact Sportarten wie Fahrradfahren (53 %), Wandern (16 %) oder Schwimmen (15 %). High-Impact Sportarten waren durch Tennis (2 %) und Baseball (2 %) nur geringfügig vertreten. Beim Leistungsniveau der sportlichen Tätigkeiten gaben postoperativ elf Probanden (18 %) „kein Sport“, 50 (81 %) „Freizeitsport“ und ein Patient (2 %) „Profisport“ an.

Tabelle 13: *Sportarten des Patientenkollektivs*

Sportart	Anteil der Patienten
Fahrradfahren	53 %
Fitness	24 %
Wandern	16 %
Schwimmen	15 %
Skifahren	13 %
Gymnastik	13 %
Jogging	8 %
Yoga	8 %
Nordic Walking	6 %
Bergsteigen	5 %
Pilates	3 %
Tennis	2 %
Baseball	2 %
Golf	2 %

Sportarten/Aktivitäten, die von der Studienpopulation präoperativ ausgeführt wurden (Salzmann et al., 2009)

Im Rahmen des postoperativen Follow-ups berichteten 46 (74 %) Patienten über eine subjektiv verbesserte sportliche Leistungsfähigkeit. Zehn (16 %) Patienten bewerteten den Zustand ihres Kniegelenks als gleichwertig, während sechs (10 %) Probanden von einer subjektiven Verschlechterung im Vergleich zum präoperativen Zustand berichteten. Bei der Frage nach der Ursache einer Verschlechterung gaben fünf Patienten (83 %) das operierte Kniegelenk an, während ein Patient (17 %) die Verschlechterung auf nicht-physische Gründe zurückführte.

Das Leistungsniveau der sportlichen Tätigkeiten zeigte sich im gesamten Studienkollektiv verbessert. So gaben 15 (24 %) der Probanden an, ihre Sportart nach der Operation auf einem höheren Level auszuüben. 43 (70 %) Studienteilnehmer übten ihren Sport auf dem gleichen Level aus, während vier (6 %) Patienten von einer Verschlechterung des sportlichen Niveaus berichteten. Somit konnte eine RTS-Rate von insgesamt 94 % erreicht werden, die als Rückkehr der Studienteilnehmer zum gleichen oder einem höheren Leistungsniveau der sportlichen Tätigkeiten definiert wurde. Hierbei ist jedoch zu beachten, dass 14 Teilnehmer aufgrund von weiteren Eingriffen am Kniegelenk nicht berücksichtigt wurden, sodass die finale RTS-Rate auf 76 %

sinkt. Bei der Anzahl von Sporteinheiten pro Woche konnte ein Anstieg von 1 ± 2 Sitzungen auf 2 ± 1 Sitzungen festgestellt werden ($p = 0,001$).

4. Diskussion

Ziel dieser Forschungsarbeit war es, die patellofemorale Inlay-Prothese der zweiten Generation als geeignete Therapieoption in der operativen Behandlung der patellofemorale Arthrose zu bestätigen. Sekundär sollten anatomische Risikofaktoren identifiziert werden, die zu einer späteren Umwandlung der Inlay-Prothese in eine Knie-Totalendoprothese führten. Als tertiäre Hypothese galt, dass Patienten nach der Versorgung mit einer patellofemorale Inlay-Prothese ein höheres Aktivitätsniveau als vor der Operation erreichen würden.

4.1 Klinische Ergebnisse und anatomische präoperative Risikofaktoren

Die operative Versorgung von Patienten mit einer PFA wird nach wie vor kontrovers diskutiert (Imhoff et al., 2015; Leadbetter et al., 2006; Lustig et al., 2012). Inhomogene Studienergebnisse und hohe Failure Raten sorgten in der Vergangenheit für wachsendes Misstrauen in der klinischen Anwendung von patellofemorale Prothesen (Bendixen et al., 2019; Dy et al., 2012; Laursen, 2017; Van der List et al., 2016). Als Hauptursache für das Scheitern wurden Schwachstellen im Design der Prothesen, insbesondere im Design der Trochlea-Komponente, angenommen (Feucht et al., 2020; Lonner, 2004; Lonner, 2008). Erst die Einführung einer zweiten Generation von Inlay-Modellen konnte das Vertrauen in die Prothesen wiederherstellen und die Bedeutung im klinischen Alltag verbessern (Feucht et al., 2017; Imhoff et al., 2019; Van der List et al., 2015). Die hohe Zahl an gescheiterten Versorgungen spiegelt sich jedoch auch in der Literatur zu den neueren Prothesen wider und zahlreiche Patienten müssen sich Revisionseingriffen unterziehen (Laursen, 2017; Lewis et al., 2020; Van der List et al., 2016; Woon et al., 2019). Auch in dieser Forschungsarbeit wurde eine hohe Rate an gescheiterten Versorgungen festgestellt, die mit einer Failure-Rate von 37 % sogar die Ergebnisse aus vergleichbaren Arbeiten überstieg (Lewis et al., 2020; Van der List et al., 2015). Bei genauerer Betrachtung der Daten zeigt sich jedoch, dass lediglich bei 12 % der Studienteilnehmer eine Umwandlung der Prothese in eine Knie-TEP nötig war. Der Großteil der gescheiterten Versorgungen in der Studie umfasste Patienten ohne zufriedenstellende Verbesserungen der klinischen Scores. Während vergleichbare Studien lediglich die Revisionsrate als Failure-Kriterium definierten, wurden in dieser Studie auch die klinischen Scores als Kriterien für das Scheitern der PFIA etabliert (Feucht et al., 2020). Dies erfolgte, um den tatsächlichen Wert der Prothese in der Behandlung der PFA besser darzustellen. (Laursen, 2017; Lewis et al., 2020; Van der List et al., 2015)

Veranschaulicht werden die Diskrepanzen in den Failure-Kriterien einzelner Studien durch eine Arbeit von Kazarian et al. aus dem Jahr 2016, die 63 Patienten nach der Versorgung mit einer Onlay-Prothese hinsichtlich der Ergebnisse und der Zufriedenheit untersuchte (Kazarian et al.,

2016). Nach fünf Jahren Follow-up mussten sich lediglich vier Prozent der Studienteilnehmer einer Revision der Prothese in eine TEP unterziehen. Dies erfasste jedoch nicht, dass weniger als zwei Drittel der Patienten tatsächlich zufrieden mit dem postoperativen Ergebnis waren (Kazarian et al., 2016). In Anbetracht der hohen Zahl an klinischen Versagern sollten für zukünftige Studien klinische Misserfolge zwingend in die postoperative Evaluation miteinbezogen werden (Feucht et al., 2020). Auf diese Weise können inhomogene Studienergebnisse vermindert und das tatsächliche Ergebnis der prothetischen Versorgung besser dargestellt werden.

In der aktuellen Literatur besteht Einigkeit darüber, dass die richtige Patientenauswahl und eine gezielte Indikationsstellung eine Schlüsselrolle in der prothetischen Versorgung von Patienten mit einer patellofemorale Arthrose spielen. Doch auch wenn das Interesse an der Identifikation von anatomischen Einflussfaktoren stetig wächst, fehlt es nach wie vor an eindeutigen Risikofaktoren, um unbefriedigende Ergebnisse bereits präoperativ vorhersagen zu können. (Dahm et al., 2014; deDeugd et al., 2016; Feucht et al., 2020; Imhoff et al., 2019)

Eine maßgebliche Erkenntnis dieser Forschungsarbeit war, dass sowohl der Index nach Insall-Salvati als auch der Patella-Trochlea-Index nach Biedert einen signifikanten Einfluss auf das klinische Ergebnis nach PFIA hatten. Patienten in der Gruppe der Versager zeigten für den Patella-Trochlea-Index nach Biedert signifikant niedrigere und für den Index nach Insall-Salvati signifikant höhere Werte. Zudem fiel auf, dass sich Patienten mit einem pathologischen Insall-Salvati ($> 1,2$) oder Biedert-Index ($< 0,28$) signifikant häufiger in der Gruppe der Versager wiederfanden. Somit kann angenommen werden, dass Patienten mit einer Patella alta ein signifikant höheres Risiko für das Scheitern der Versorgung mit einer patellofemorale Inlay-Prothese haben.

Um Fehlstellungen der Patella zu detektieren, erfolgte die präoperative Höhenbestimmung der Patella mithilfe des Index nach Insall-Salvati (Insall et al., 1971). Obwohl sich dieser Wert in vergangenen Studien als zuverlässige Methode im Nachweis einer Patella alta zeigte, weist die alleinige Verwendung von Röntgenaufnahmen Limitationen auf (Biedert et al., 2006; Biedert et al., 2017; van Duijvenbode et al., 2016; Verhulst et al., 2020). Dies ist darauf zurückzuführen, dass mit dem Insall-Salvati-Index lediglich die knöchernen Gelenkanteile beurteilt werden können (Biedert et al., 2006; Biedert et al., 2017). Für eine exakte Höhenbestimmung der Patella sollte jedoch auch der hyaline Knorpel mithilfe einer MRT-Bildgebung bewertet werden. Aus diesem Grund wurde der Patella-Trochlea-Index nach Biedert, der das Verhältnis des hyalinen Knorpels zwischen Patella und Femur auf MRT-Bildern bestimmt, als weitere retrospektive Messmethode etabliert. (Biedert et al., 2006)

Ursächlich für die schlechteren Ergebnisse von Patienten mit einer Patella alta oder einer lateralisierten Tuberositas tibiae könnten eine veränderte Biomechanik der Patella sein (Feucht et al., 2020): In gesunden Kniegelenken wird die Funktionalität des patellofemorales Gelenks von unterschiedlichen Strukturen gewährleistet (Meidinger et al., 2010; Minkowitz et al., 2009). Besonders zu Beginn der Flexion stellt die laterale Facette der Trochlea ein wichtiges Führungselement der Patella dar (Feller et al., 2007). Aufgrund der erhöhten Position der Patella bei Patienten mit einer Patella alta tritt diese jedoch erst bei höheren Flexionsgraden in die Führung der Trochleagrube ein, sodass die laterale Absicherung der Patella bei diesen Patienten limitiert ist (Feucht et al., 2020). Die Folgen können laterale Verschiebungen und Neigungen der Patella sein, die wiederum in erhöhten Belastungen des Gelenks resultieren können (Feucht et al., 2020; Ward et al., 2004; Ward et al., 2007). Unkorrigierte patellofemorale Fehlstellungen könnten daher nicht nur einen Risikofaktor in der primären Entstehung der Arthrose darstellen, sondern auch sekundär das Ergebnis nach der operativen Versorgung mit einer Inlay-Prothese negativ beeinflussen (Feller et al., 2007; Imhoff et al., 2020; Stephen et al., 2015). In diesen Fällen könnten Begleiteingriffe bei Patienten mit einem pathologischen ISI oder PTI in Form einer Distalisierung der Tuberositas tibiae erfolgen, um die physiologische Biomechanik im Gelenk wiederherzustellen und das Risiko für eine Revision zu vermindern (Feucht et al., 2020). Dabei ist jedoch zu beachten, dass eine Überkorrektur der Position der Tuberositas, insbesondere während der frühen Knieflexion, zu erhöhten Drücken im patellofemorales Gelenk führen kann (Ostermeier et al., 2010; Schöttle et al., 2012; Yang et al., 2017).

Neben biomechanischen Ursachen könnte auch das Design der verwendeten Prothese für die schlechteren Ergebnisse bei Patienten mit einer Patella alta verantwortlich sein (Beckmann et al., 2019; Feucht et al., 2020). Die in dieser Studie eingesetzte HemiCAP® Wave Prothese weist bei ihrer femoralen Komponente nur eine begrenzte Extension nach superolateral auf. Dadurch ist dieses Modell nicht in der Lage, die fehlende Absicherung der Patella zu Beginn der Knieflexion bei Patienten mit einer Patella alta zu kompensieren (Beckmann et al., 2019; Feucht et al., 2020). Im Gegensatz dazu könnte ein Prothesendesign mit einer größeren Ausdehnung nach superolateral die Patella bereits im Rahmen der frühen Knieflexion absichern und dadurch unphysiologische Verschiebungen und Neigungen der Patella reduzieren (Feucht et al., 2020).

Die Rolle des Prothesendesigns in der Behandlung von Patienten mit einer patellofemorales Inlay-Prothese unterstreichen auch Beckmann et al. in einer Forschungsarbeit aus dem Jahr 2019 (Beckmann et al., 2019). In der mit 20 Patienten durchgeführten retrospektiven Studie berichteten elf Patienten über wiederkehrende Schmerzen und ein „Schnapp-Phänomen“ im Kniegelenk nach der Versorgung mit einer PFIA. Aufgrund der schlechten postoperativen Ergebnisse

erhielten diese Patienten einen Revisionseingriff mit der Implantation eines Onlay-Modells. Im Anschluss an den Revisionseingriff konnte bei den Patienten eine Verbesserung der Funktion, der Symptome sowie der klinischen Scores beobachtet werden. In der retrospektiven Auswertung zeigte sich, dass alle revidierten Patienten einen erhöhten Insall-Salvati-Index aufwiesen. Dies war übereinstimmend mit den intraoperativen Befunden, denn die Patienten zeigten zusätzliche Abnutzungen im kranial-lateralen Bereich der Inlay-Prothese, die für ein Verhaken der Patella am oberen Rand der Prothese sprechen könnten. Daraus schlussfolgerten die Autoren, dass die Patella alta eine Kontraindikation für eine Inlay-Prothese darstellen könnte und ein weiter nach proximal reichendes Prothesendesign gewählt werden sollte. (Beckmann et al., 2019)

Nachdem die Patella alta als ein anatomischer Risikofaktor identifiziert wurde, stellt sich abschließend die Frage, von welcher Therapie diese Patientengruppe am ehesten profitiert. Aus bisherigen Studien geht nicht eindeutig hervor, inwiefern ein angepasstes Prothesendesign in der Lage wäre, die patellofemorale Fehlstellung bei diesen Patienten zu kompensieren (Feucht et al., 2020). Als Alternative könnte auch ein Versatz der Tuberositas tibiae helfen, die physiologische Biomechanik im Gelenk wiederherzustellen (AGA-Komitee-Knie-Patellofemoral, 2017). Um in Zukunft Patienten mit der Kombination aus einer patellofemorale Arthrose und einer Patella alta optimal zu behandeln, bedarf es weiterer Studien.

Im Rahmen des Behandlungsalgorithmus der sportorthopädischen Ambulanz für Patienten mit einer PFA wurde die Position der Tuberositas mithilfe des TT-TG-Abstands präoperativ ermittelt (Imhoff et al., 2015). Die Indikation für eine Medialisierung der Tuberositas tibiae wurde gestellt, wenn auf den präoperativen Röntgenaufnahmen ein vergrößerter TT-TG-Abstand (> 20 mm) gemessen wurde (Imhoff et al., 2015).

Obwohl der TT-TG-Abstand ein häufig benutztes Instrument in der Diagnostik der patellofemorale Instabilität darstellt, weist die aktuelle Literatur auf Limitationen in der Verwendung hin (Boutris et al., 2018; Schöttle et al., 2006; Seitlinger et al., 2012). Studien kritisieren, dass die individuelle Anatomie eines Patienten die Messung des TT-TG-Abstands wesentlich beeinflussen kann, bei der Berechnung des Wertes jedoch oftmals vernachlässigt wird (Boutris et al., 2018; Seitlinger et al., 2012). Weitere Einflussfaktoren wie eine Trochleadysplasie, die Knieflexion, oder eine vermehrte femorale Innenrotation können in Kombination mit einem vergrößerten TT-TG-Abstand auftreten und zu falschen Rückschlüssen in der Diagnostik von patellofemorale Instabilitäten führen (Boutris et al., 2018; Seitlinger et al., 2012). Vor diesem Hintergrund wurde für die retrospektive Auswertung der TT-PCL-Abstand als weitere Messmethode hinzugezogen. Dieser ist in der Lage, die Tuberositas, isoliert von den oben genannten Einflussfaktoren, zu bewerten (Boutris et al., 2018; Heidenreich et al., 2017; Seitlinger et al., 2012).

Retrospektiv konnte lediglich bei einem Patienten ein vergrößerter TT-TG-Abstand (> 20 mm) festgestellt werden. Währenddessen zeigten 22 Patienten des Studienkollektives einen vergrößerten TT-PCL-Wert (> 21 mm). Diese Patienten fielen zusätzlich durch signifikant schlechtere Ergebnisse im VAS sowie im Lysholm-Score auf. Dies unterstreicht, dass für die exakte Beurteilung der Tuberositas tibiae und für die Durchführung von Begleiteingriffen der TT-PCL-Abstand zwingend in die präoperative Evaluation aufgenommen werden sollte. (Feucht et al., 2020) Die Bedeutung des TT-PCL-Abstands für die präoperative Evaluation wird auch bei der Auswahl des Prothesendesigns deutlich. Der Operateur kann, im Falle eines vergrößerten TT-TG-Abstands, kleine Veränderungen des Wertes durch die Verwendung einer Onlay-Prothese und entsprechende Ausrichtung der Trochlea-Rinne vornehmen (Feucht et al., 2020; Valoroso et al., 2017). Diese Korrekturen sind für Patienten mit einem vergrößerten TT-PCL-Abstand jedoch weder mit einer Onlay- noch mit einer Inlay-Prothese möglich (Feucht et al., 2020; Keshmiri et al., 2020). Daher sollte bei Patienten mit einem pathologisch vergrößerten TT-PCL-Abstand von > 21 mm immer über einen Begleiteingriff mit der Medialisierung der Tuberositas tibiae nachgedacht werden (Feucht et al., 2020).

Auf der Suche nach weiteren präoperativen Risikofaktoren konnte das Fehlen einer dysplastischen Trochlea als signifikanter Faktor für das Scheitern der Versorgung identifiziert werden. Bei der Unterteilung des Patientenkollektivs in „Failure“ und „non-Failure“ Versorgungen wurde deutlich, dass in der Gruppe der Versager 80 % der Probanden keine Anzeichen für das Vorliegen einer Trochleadysplasie zeigten. Währenddessen hatten in der Gruppe der erfolgreichen Versorgungen lediglich 27 % der Studienteilnehmer keinen Hinweis auf eine Dysplasie der Trochlea. Auch in der Auswertung der klinischen Scores zeigten Patienten ohne Trochleadysplasie signifikant schlechtere Ergebnisse als Patienten mit einer Dysplasie. Die Auswirkungen wurden vor allem in der Verbesserung des VAS-Scores sichtbar, der bei diesen Patienten deutlich geringer ausfiel als in der Vergleichsgruppe. Limitiert werden könnten diese Beobachtungen durch die besseren präoperativen Ausgangswerte von Patienten ohne dysplastische Trochlea. Aufgrund der besseren Ausgangswerte könnten postoperative Unterschiede bei diesen Patienten weniger deutlich wahrgenommen werden. Eine weitere Limitation könnte sich bei Patienten mit einer hochgradigen Trochleadysplasie ergeben. Es wird vermutet, dass Inlay-Modelle bei der Therapie von hochgradigen Dysplasien ebenfalls Limitationen aufweisen könnten (Feucht et al., 2017).

Ein Zusammenhang zwischen einer Trochleadysplasie und den klinischen Ergebnissen zeigte sich auch in anderen Forschungsarbeiten (Dahm et al., 2014; Liow et al., 2016). Liow et al. stellten in einer Forschungsarbeit aus dem Jahr 2016 fest, dass mit der Abwesenheit einer

Dysplasie das Risiko für die Umwandlung der Prothese in eine Totalendoprothese steigt. So bezeichnen sie die patellofemorale Inlay-Prothese bei Patienten ohne Dysplasie lediglich als „Überbrückungsverfahren“ (Liow et al., 2016). In einer anderen Studie konnten Dahm et al. beobachten, dass Patienten mit Trochleadysplasie seltener von einem Fortschreiten der Arthrose auf das tibiofemorale Kompartiment betroffen waren (Dahm et al., 2014). Unter Berücksichtigung der Erkenntnisse aus dieser und vorherigen Forschungsarbeiten sollte die Indikation zur patellofemorale Inlay-Arthroplastik bei Patienten mit symptomatischer PFA, jedoch ohne Evidenz für eine Trochleadysplasie, mit Vorsicht gestellt werden (Feucht et al., 2020).

Die Auswertung des Schweregrades der patellofemorale Arthrose offenbarte einen weiteren potenziellen Einflussfaktor. So wiesen Studienteilnehmer mit einer milden Osteoarthritis des patellofemorale Kompartiments (Iwano Grad \leq I) signifikant weniger Verbesserungen im WOMAC Score auf als Patienten mit höhergradiger OA (Iwano Grad \geq 2). Ähnliche Beobachtungen machten deDeugd et al. in einer Studie aus dem Jahr 2016, in der sie ebenfalls einen Zusammenhang zwischen dem Ausmaß der Osteoarthritis und der Verbesserung der klinischen Scores feststellen konnten (deDeugd et al., 2016). Vor diesem Hintergrund sollte die Indikation zur PFIA mit Bedacht gestellt werden, wenn radiologisch nur eine patellofemorale Chondromalazie nachweisbar ist.

Als häufigste Ursache für das Scheitern von patellofemorale Inlay-Prothesen wird das Fortschreiten der Osteoarthritis auf das tibiofemorale Kompartiment genannt (Bendixen et al., 2019; Van der List et al., 2015). In dieser Studie konnte jedoch kein Zusammenhang zwischen einer tibiofemorale Arthrose und dem Versagen der Prothese beobachtet werden. Einerseits ist dies darauf zurückzuführen, dass eine Osteoarthritis des tibiofemorale Kompartiments $>$ Grad II als eine Kontraindikation für die Versorgung mittels PFIA angesehen wird (Imhoff et al., 2015; Leadbetter et al., 2005; Willekens et al., 2015). Andererseits ist der Follow-up Zeitraum von 24 Monaten zu kurz, um ein Fortschreiten der Arthrose bei den Studienteilnehmern beurteilen zu können. Dieser Zusammenhang wird vor allem bei Studien über einen mittel- bis langfristigen Zeitraum beobachtet (Feucht et al., 2017).

4.2 Return-to-Sports

Aufgrund des vergleichsweise jungen Alters der Patienten spielt bei der Implantation von patellofemorale Inlay-Prothesen, neben der Wiederherstellung der Gelenkfunktion, auch die Rückkehr zu sportlichen Aktivitäten eine tragende Rolle (Farr et al., 2014; Imhoff et al., 2015; Leadbetter, 2008; Pogorzelski et al., 2020). Während sich in der aktuellen Literatur zahlreiche Studien zum Thema Return-to-Sports nach multikompartimentellen Prothesen finden, ist die

Studienlage für patellofemorale Inlay-Prothesen begrenzt (Imhoff et al., 2015; Mont et al., 2002; Naal et al., 2007; Witjes et al., 2016; Wylde et al., 2008). Da die Rückkehr zu sportlicher Aktivität einen wichtigen Faktor für die Patienten darstellt, war eine Fragestellung dieser Arbeit, inwieweit Patienten nach PFIA ihre sportlichen Ambitionen wiederaufnehmen können (Farr et al., 2014; Imhoff et al., 2015).

Die Forschungsarbeit konnte nachweisen, dass die Versorgung von Patienten mit einer PFIA zu einer Verbesserung des subjektiven Kniezustands führte. Rund 94 % der Patienten in der Gruppe der erfolgreichen Versorgungen und 76 % des Gesamtkollektivs konnten im beobachteten Follow-up Zeitraum zu ihren sportlichen Aktivitäten zurückkehren. Zusätzlich konnte für alle klinischen Scores und Aktivitätswerte eine statistische Verbesserung verzeichnet werden, was sich wiederum in der subjektiven Fähigkeit, Sportarten auszuführen, den Sporteinheiten pro Woche und dem Leistungsniveau der jeweiligen Sportarten widerspiegelte. Die Fragestellung, ob prädiktive Faktoren für die Rückkehr zu sportlicher Aktivität existieren, konnte aufgrund fehlender Signifikanz der Daten nicht beantwortet werden. An dieser Stelle ist jedoch zu erwähnen, dass Pietschmann et al. in einer ähnlichen RTS-Studie nach der Versorgung von 131 Patienten mit einer unikompartimentellen Knieprothese das Alter der Patienten als einen Risikofaktor ermitteln konnten (Pietschmann et al., 2013). So wurde gezeigt, dass ein junges Patientenalter signifikant mit einer höheren Rückkehr zu sportlicher Aktivität nach UKA assoziiert werden kann (Pietschmann et al., 2013).

Obwohl die Ergebnisse der Forschungsarbeit die Bedeutung der PFIA in der Versorgung der patellofemorale Arthrose unterstreichen, sind die Verbesserungen der klinischen Scores limitiert. Um die Relevanz der Studienergebnisse besser einordnen zu können, wurden Erfahrungswerte für die klinischen Scores in Form der „minimalen klinisch relevanten Differenz“ aus vergleichbaren Studien hinzugezogen (Clement et al., 2018; Escobar et al., 2007; Tubach et al., 2005). Für den WOMAC-Score wurde in diesem Bereich der Studie ein MCID von 15 Punkten etabliert, der mit einem Delta von zehn Punkten nicht erreicht werden konnte (Clement et al., 2018). Auch die Ergebnisse der Tegner-Aktivitätsskala verpassten den vorgeschriebenen MCID-Wert von 1,16 mit einem Endergebnis von 1,13 knapp (Swanenburg et al., 2014).

Eine weitere Erkenntnis der Studie war, dass Patienten auch nach der Versorgung mit einer PFIA keine vollständige Schmerzfreiheit erlangten. Während der durchschnittliche Wert auf der VAS-Skala präoperativ noch bei 6 ± 2 Punkten lag, konnte dieser auf 3 ± 2 Punkte zwar deutlich reduziert werden, dennoch verblieben bei den Patienten persistierende Schmerzen nach dem operativen Eingriff. Dies ist von Bedeutung, denn die aktuelle Literatur zeigt, dass Schmerzen nach

einem künstlichen Gelenkersatz ein häufiges Hindernis in der Rückkehr zu sportlicher Aktivität darstellen (Pogorzelski et al., 2020; Wylde et al., 2008).

Während eine gesunde und in etwa gleichaltrige Bevölkerungskohorte durchschnittlich 5,7 Punkte auf der Tegner-Skala erreichte, schnitten Patienten nach der Versorgung mit einer PFIA deutlich schlechter ab (Briggs et al., 2009). Die Studienteilnehmer der vorliegenden Arbeit erreichten postoperativ durchschnittlich einen Wert von vier auf der Tegner-Skala, was Low-Impact Aktivitäten wie Joggen auf gleichmäßigem Untergrund, Radfahren oder Ski-Langlaufen entspricht (Collins et al., 2011; Tegner et al., 1985). Die Unterschiede zu einer gesunden Vergleichsgruppe müssen jedoch in Relation zum präoperativen Wert und zu den sportlichen Ansprüchen von Patienten mit einer patellofemorale Arthrose gesetzt werden (Pogorzelski et al., 2020). Oftmals verhindert die primäre Knieverletzung eine Teilnahme der Patienten an Kontakt- und Drehsportarten seit Jahren, sodass die sportlichen Ansprüche dieser bereits präoperativ geringer sind als bei einer vergleichbaren gesunden Gruppe (Briggs et al., 2009; Pogorzelski et al., 2020). Nichtsdestotrotz müssen die RTS-Ergebnisse aus dieser Studie dringend in die Beratung von Patienten miteinfließen, insbesondere dann, wenn es sich um Patienten mit hohen sportlichen Ansprüchen handelt (Pogorzelski et al., 2020). Auf diese Weise kann bereits präoperativ ein realistisches Erwartungsmanagement betrieben werden.

In einer umfangreichen Aufklärung der Patienten sollte ebenfalls erwähnt werden, dass für die patellofemorale Inlay-Prothese ähnliche postoperative Richtlinien gelten, wie für andere Knie-Prothesen auch (Healy et al., 2008; Pogorzelski et al., 2020). Dies impliziert, dass Patienten nach der Versorgung mit einer PFIA nur Sportarten betreiben sollten, die mit einem moderaten Risiko für sekundäre Implantatschäden einhergehen (Pogorzelski et al., 2020). Davon ausgeschlossen sind vor allem Sportarten mit hohen direkten Aufprallkräften und hohem Stress auf die Extensoren (Farr et al., 2014; Healy et al., 2008; Pogorzelski et al., 2020). Patienten mit einem hohen sportlichen Anspruch, vor allem im Bereich der High-Impact-Sportarten, sollten daher präoperativ über die allgemeinen sportlichen Empfehlungen für Patienten nach einer Knie-Arthroplastik informiert werden (Farr et al., 2014; Pogorzelski et al., 2020).

In der Fachliteratur sollte bei Patienten nach einem künstlichen Gelenkersatz zwischen der Rückkehr zu Low- und High-Impact-Sportarten differenziert werden (Pogorzelski et al., 2020). Systematische Reviews zum Thema unikondylärer Prothesen des tibiofemorale Gelenks zeigen Return-to-Sports-Raten zwischen 75-98 % (Witjes et al., 2016). Bei der genaueren Betrachtung dieser Forschungsarbeiten fällt jedoch auf, dass ein Großteil der Patienten lediglich zu Low-Impact-Sportarten zurückkehrt (Naal et al., 2007; Pogorzelski et al., 2020). Witjes et al. untersuchten diese Beobachtung in einer Meta-Analyse und stellten fest, dass die RTS-Rate nach

UKA für Low-Impact Aktivitäten bei 93 % liegt, für High-Impact Sportarten aber lediglich bei 35 % (Witjes et al., 2016).

Ein ähnliches Bild zeigt sich bei der Versorgung von PFA-Patienten mittels Knie-TEP. Bei der Betrachtung der RTS-Raten wird sichtbar, dass diese mit 73-86 % deutlich geringer ausfallen als bei patellofemorale Inlay-Prothesen (Argenson et al., 2008; Pogorzelski et al., 2020; Witjes et al., 2016; Wylde et al., 2008). Zudem zeigt sich auch hier ein deutlich geringerer Trend zu High-Impact Aktivitäten (Witjes et al., 2016). Vergleicht man die Return-to-Sports Ergebnisse von UKA und TEP mit denen der patellofemorale Inlay-Prothese, zeigt sich die PFIA gegenüber den anderen Therapieoptionen überlegen (Pogorzelski et al., 2020). Dies unterstreicht auch eine Vergleichsstudie von Dahm et al. aus dem Jahr 2010, in der verdeutlicht wird, dass die Inlay-Prothese gegenüber der TEP nicht nur eine höhere Return-to-Sports Rate erreichte, sondern diese Patienten auch vermehrt wieder High-Impact-Sportarten aufnehmen konnten (Dahm et al., 2010).

Ein weiterer Vorteil der patellofemorale Arthroplastik gegenüber einer Knie-TEP ergibt sich aus der geringeren Invasivität des Eingriffes (Dahm et al., 2010; Pogorzelski et al., 2020). Die Implantation der patellofemorale Prothese stellt nicht nur ein knochensparendes Verfahren dar, vielmehr können wichtige Strukturen für die physiologische Biomechanik des Kniegelenks erhalten bleiben (Vandenneucker et al., 2016). Vandenneucker et al. konnten in einer biomechanischen Studie an sechs menschlichen Kadavern nachweisen, dass patellofemorale Prothesen in der Lage sein können, die Biomechanik des Kniegelenks zu erhalten (Vandenneucker et al., 2016). Unterstützt wird diese Annahme durch eine biomechanische Studie von Tanikawa et al. an Patienten nach der Versorgung mit einer Knie-TEP. Nach dem operativen Eingriff konnte bei diesen Patienten neben einem unphysiologischen Druck im patellofemorale Gelenk auch eine Abweichung der normalen Biomechanik der Patella festgestellt werden (Tanikawa et al., 2017). Darüber hinaus spielt der Vergleich zwischen Knie-TEP und Inlay-Prothese auch bei der Frage nach möglichen Revisionen eine wichtige Rolle. Der Erhalt des tibiofemorale Knochens kann ermöglichen, dass bei einem Scheitern der PFIA eine kompromisslose Revision der Inlay-Prothese in eine Knie-TEP stattfinden kann (Lonner et al., 2006; Pogorzelski et al., 2020; van Jonbergen et al., 2009).

Abschließend kann man festhalten, dass die Knie-TEP und die patellofemorale Inlay-Prothese ähnliche Raten an Komplikationen in der Behandlung der patellofemorale Arthrose zeigen (Dahm et al., 2010; Dy et al., 2012; Pogorzelski et al., 2020). Die HemiCAP® Wave Prothese kann jedoch gegenüber der TEP mit einer höheren RTS-Rate im Low-Impact Bereich, mit einer geringeren Rehabilitationszeit, einer geringeren Morbidität, einer kürzeren intraoperativen Zeit

und weniger Komplikationen bei Revisionen überzeugen (Dahm et al., 2010; Walker et al., 2012).

4.3 Limitationen

Obwohl diese Forschungsarbeit zum besseren Verständnis in der Versorgung von Patienten mit einer patellofemorale Inlay-Arthroplastik beitragen konnte, beinhaltet die Studie Limitationen: (1) Zunächst muss darauf hingewiesen werden, dass lediglich ein patellofemorales Inlay-Modell in dieser Studie zum Einsatz gekommen ist. Dies verhindert, dass die Ergebnisse eine allgemeine Gültigkeit für die Therapie der patellofemorale Arthrose erhalten. (2) Ein weiterer limitierender Faktor stellt die Diagnostik der patellofemorale Arthrose in einem einzelnen Referenzzentrum dar. Dadurch wird die Möglichkeit eines non-operativen Selektionsbias in der Auswahl der Patienten erhöht. (3) Obwohl die klinischen Daten prospektiv gesammelt wurden, handelte es sich bei dieser Studie um eine retrospektiv angelegte Forschungsarbeit. Ein retrospektives Design hat den Nachteil, dass Bias-Faktoren, wie zum Beispiel fehlende Follow-up Daten aufgrund von unzufriedenen Patienten, das Studienergebnis leichter beeinflussen können. (4) Das Patientenkollektiv war vergleichsweise klein. Dies ist jedoch in Relation zur Häufigkeit der patellofemorale Arthrose zu sehen. Die PFA ist keine häufige Erkrankung des Kniegelenks und die Teilnehmerzahl aus dieser Studie ist vergleichbar mit anderen Forschungsarbeiten. Eine post-hoc Poweranalyse konnte zudem die ausreichende Power der Studie bestätigen. (5) Eine der häufigsten Ursachen für das Scheitern einer PFIA ist die Konversion der Prothese in eine Knie-TEP. Dieser Fall tritt insbesondere dann ein, wenn es zu einem Fortschreiten der Arthrose auf das tibiofemorale Kompartiment kommt. In dieser Studie konnte kein Zusammenhang zwischen dem Grad der tibiofemorale Arthrose und dem Ergebnis nach PFIA gefunden werden. Dabei muss jedoch beachtet werden, dass ein Follow-up von 24 Monaten für diese Bewertung zu kurz sein könnte. (6) Im Hauptteil der Studie konnten von den 60 ursprünglich eingeschlossenen Patienten lediglich 41 ein vollständiges Follow-up mit prä- und postoperativen klinischen Scores sowie Röntgen- und MRT-Aufnahmen vorweisen. Dies resultierte in einer Follow-up Rate von lediglich 68 %. Dabei gingen jedoch 20 % durch unvollständige präoperative MRT-Aufnahmen verloren und lediglich 8 % aufgrund von fehlenden klinischen Daten. Insgesamt erreichte das klinische Follow-up 88 %. Während das Fehlen klinischer Scores auf eine Unzufriedenheit der Patienten zurückgeführt werden könnte, ist dies bei den MRT-Aufnahmen nicht der Fall. Das Risiko für einen Selektionsbias kann daher als gering eingeschätzt werden. (7) Als weiterer limitierender Faktor muss der deskriptive Charakter dieser Studie erwähnt werden, der es nicht erlaubt, von den beobachteten anatomischen Abweichungen auf Kausalität zu schließen. (8) Für die

exakte Beurteilung der Return-to-Sports Rate wurden 14 Patienten aufgrund der Konversion der Prothese in eine Knie-TEP von der Studie ausgeschlossen. Dieser Schritt war für die Reduzierung von möglichen Einflussfaktoren von Bedeutung, erhöht jedoch das Risiko eines weiteren Selektionsbias. (9) In dieser Studie erfolgte die prä- und postoperative Datenerhebung unter anderem anhand von Fragebögen. Die Auswahl der Fragebögen richtete sich nach ihrer Gültigkeit, ihrer Reliabilität und der Vergleichbarkeit mit anderen Studien. Dies beinhaltet jedoch die Gefahr eines Auswahlbias. (10) Auch die Befragung der Patienten zu ihrer Rückkehr zu sportlicher Aktivität erfolgte mithilfe eines Fragebogens. Auch wenn dieser darauf abzielte, alle wichtigen Return-to-sport Aspekte abzudecken, handelt es sich hierbei dennoch um einen weiteren limitierenden Faktor in der Vergleichbarkeit der Studie mit anderen Arbeiten.

5. Zusammenfassung

Einleitung: Die patellofemorale Inlay-Arthroplastik (PFIA) stellt eine geeignete Behandlungsoption für Patienten mit einer endgradigen patellofemorale Arthrose des Kniegelenks dar. Aufgrund von inkonsistenten Studienergebnissen werden patellofemorale Prothesen in der Behandlung von jungen Patienten jedoch kontrovers diskutiert. Für diese spezielle Patientenpopulation existieren unterschiedliche prothetische Behandlungsmöglichkeiten, von denen sich bislang jedoch keine als zu favorisierende Methode herausstellen konnte. Diese Problematik könnte nun durch eine neue Generation von patellofemorale Inlay-Prothesen gelöst werden.

Ziel: Das Ziel dieser Studie war es, die Ergebnisse von Patienten nach der Versorgung mit einer patellofemorale Inlay-Prothese zu untersuchen. Darüber hinaus wurde analysiert, ob ein signifikanter Zusammenhang zwischen der präoperativen Anatomie der Patienten und den postoperativen klinischen Ergebnissen bestand. Aufgrund des jungen Alters sowie des hohen funktionellen Anspruchs der Patienten wurde zusätzlich untersucht, in welchem Umfang die Probanden nach der Implantation der Prothese wieder sportlichen Aktivitäten nachgehen konnten. Zudem wurde nach prädiktiven Faktoren für eine verbesserte postoperative Sportfähigkeit der Probanden gesucht.

Methoden: Das Patientenkollektiv umfasste alle Patienten, die in der Abteilung und Poliklinik für Sportorthopädie des Klinikums rechts der Isar im Zeitraum von September 2009 bis Oktober 2016 eine operative Versorgung mit einer HemiCAP® Wave Prothese (Arthrosurface, Franklin, MA, USA) erhielten. Als Einschlusskriterium galt ein Nachbeobachtungszeitraum von mindestens 24 Monaten.

Die präoperative Evaluation der Patienten erfolgte mithilfe von Röntgen- und MRT-Aufnahmen, die nach vollendetem Follow-up retrospektiv analysiert wurden. Die Untersuchung von präoperativen anatomischen Risikofaktoren erfolgte anhand von radiologischen Kriterien. Die Bestimmung der Patellahöhe erfolgte mithilfe des Insall-Salvati-Index (ISI) und des Patella-Trochlea-Index nach Biedert (PTI). Die Position der Tuberositas tibiae wurde anhand des TT-TG- und TT-PCL-Abstands bestimmt sowie mögliche Dysplasien der Trochlea anhand der Dejour-Klassifikation eingeteilt. Abschließend wurden die radiologischen Aufnahmen des Kniegelenks auf tibiofemorale und patellofemorale Osteoarthritis untersucht.

Die subjektive Beurteilung der Patienten erfolgte mithilfe des WOMAC-, Lysholm- und VAS-Schmerz-Scores.

Für die Auswertung wurde das Patientenkollektiv in zwei Gruppen unterteilt: „non-Failure“ und „Failure“ Versorgung. Als gescheitert galten Patienten, die sich einer Revision der Prothese zu einer Knie-Totalendoprothese unterziehen mussten oder den minimal klinisch bedeutsamen Unterschied (MCID) für den WOMAC-Gesamt oder VAS-Schmerz-Score nicht erreichten. Die Bestimmung der postoperativen Sportfähigkeit sowie Zufriedenheit der Patienten wurde anhand eines konzipierten Fragebogens und der Tegner-Aktivitätsskala bestimmt.

Ergebnisse: Insgesamt wurden 41 Patienten (61 % weiblich), die eine isolierte Versorgung mittels patellofemorale Inlay-Prothese erhielten, in den Hauptteil der Studie aufgenommen. Das Durchschnittsalter der Studienteilnehmer betrug 48 ± 13 Jahre. Unter den Teilnehmern wurden 15 Patienten (37 %) als „Failure“ Versorgung betrachtet. Darunter zählten fünf Patienten (13 %), die eine Revision der TKA benötigten und zehn Patienten (24 %), die den MCID für den WOMAC-Gesamtscore oder den VAS-Schmerz-Score nicht erreichten. Bei den gescheiterten Versorgung zeigten sich ein signifikant höherer Insall-Salvati-Index ($p < 0,001$) und ein signifikant niedrigerer Patella-Trochlea-Index nach Biedert ($p = 0,038$). Darüber hinaus war die Anzahl der Patienten mit einem abnormen Insall-Salvati-Index ($> 1,2$), einem abnormen Patella-Trochlea-Index nach Biedert ($< 0,28$) oder dem Fehlen einer dysplastischen Trochlea bei den gescheiterten Versorgung signifikant höher (ISI: $p = 0,008$ /PTI: $p = 0,002$ /Dysplasie: $p = 0,001$).

Für den Bereich der Studie, der die Rückkehr zu sportlicher Aktivität untersuchte, wurden insgesamt 62 Patienten mit einem Durchschnittsalter von 46 ± 11 Jahren eingeschlossen. Die Sportfrequenz stieg signifikant von durchschnittlich 1 ± 2 Sitzungen pro Woche auf 2 ± 1 Sitzungen pro Woche ($p = 0,001$). Bei den erfolgreichen Versorgung konnten 94 % der Patienten wieder auf dem gleichen oder einem höheren Niveau Sport treiben. Darüber hinaus berichteten 74 % der Patienten über eine verbesserte Fähigkeit, sportlichen Aktivitäten nachzugehen. Es wurde kein signifikanter Einfluss von präoperativen Faktoren auf die postoperative Sportfähigkeit festgestellt.

Schlussfolgerung: Die präoperative patellofemorale Anatomie hat einen signifikanten Einfluss auf die klinischen Ergebnisse und die Misserfolgsrate nach einer patellofemorale Inlay-Arthroplastik. Bei Patienten mit einer Patella alta (Insall-Salvati-Index $> 1,2$ / Patella-Trochlea-Index nach Biedert $< 0,28$), einer lateralisierten Tuberositas tibiae (TT-PCL-Abstand > 21 mm) oder dem Fehlen einer dysplastischen Trochlea ist die Wahrscheinlichkeit einer geringeren Verbesserung und einer höheren Misserfolgsrate nach PFIA größer. Bei diesen Patienten sollten

Begleiteingriffe zur Wiederherstellung des patellofemorale Alignments, wie beispielsweise der Transfer der Tuberositas tibiae, in Betracht gezogen werden.

In der Zusammenschau der Ergebnisse zeigte sich die PFIA mittels HemiCAP® Wave Prothese als eine zuverlässige Therapieoption in der Behandlung der endgradigen patellofemorale Arthrose bei jungen, aktiven Patienten. Die Studienteilnehmer zeigten eine Verbesserung ihrer Kniefunktion, der Schmerzlinderung und der Fähigkeit zur Ausübung sportlicher Aktivitäten.

Introduction: Patellofemoral inlay arthroplasty (PFIA) represents a suitable treatment option for patients suffering from end-stage patellofemoral osteoarthritis of the knee. However, due to inconsistent results in previous studies, patellofemoral prostheses are controversial, especially in the treatment of young, active patients. Different treatment options exist for this special patient population, but none of them has been able to emerge as the preferred prosthetic treatment method so far. This problem could now be solved by a new generation of patellofemoral inlay prostheses.

Purpose: The purpose of this study was to investigate the results of patients after treatment with a patellofemoral inlay prosthesis. Furthermore, the study analyzed whether there was a significant correlation between the preoperative anatomy of the patients and the postoperative clinical outcomes, as well as the failure rate. Due to the young age of the patients, as well as the high functional demand, it was also investigated how often the patients were able to return to sports activities after the implantation of the prosthesis and whether there were predictive factors that could predict a better sports ability after surgery.

Methods: The patient population included all patients who underwent surgical treatment with a HemiCAP® Wave prosthesis (Arthrosurface, Franklin, MA, USA) in the Department and Polyclinic for Sports Orthopedics at the Klinikum rechts der Isar between September 2009 and October 2016. The inclusion criteria for participation was a follow-up period of at least 24 months. Preoperative evaluation of the patients was performed by radiographs and MRI scans, which were retrospectively analyzed. Different radiological criteria were determined for the investigation of preoperative anatomical risk factors. These included the examination of the patellar height using the Insall-Salvati-Index (ISI), as well as the Patella-Trochlea-Index according to Biedert (PTI). In addition, the localization of the tibial tuberosity was determined using TT-TG and TT-PCL distance. Potential dysplasia of the trochlea was examined by using the Dejour

classification. The radiological images of the knee joint were examined for tibiofemoral and patellofemoral osteoarthritis.

Subjective assessment of patients was performed using the WOMAC-, Lysholm-, and VAS-pain-scores.

For the evaluation, the patient collective was divided into two groups: "successful" and "failed" treatments. Patients who underwent revision of the prosthesis to a total knee arthroplasty or did not achieve the minimum clinically significant difference (MCID) for the WOMAC-total or VAS pain score were considered failed. Determination of postoperative sports ability, as well as patient satisfaction, was performed using a self-designed questionnaire and the Tegner activity scale.

Results: A total of 41 patients (61 % female) who received isolated treatment using a patellofemoral inlay prosthesis were enrolled in the main part of the study. The mean age of the study participants was 48 ± 13 years. Among the participants, 15 patients (37 %) were considered "failed" treatments. These included five patients (12 %) who required revision to TKA and 10 patients (24 %) who did not achieve the minimum clinically significant difference (MCID) for the WOMAC-total score, or VAS pain score. Failed treatments showed a significantly higher Insall-Salvati-Index ($p < 0,001$) and a significantly lower Patella-Trochlea-Index ($p = 0,038$). In addition, the number of patients with an abnormal Insall-Salvati-Index (> 1.2), an abnormal Patella-Trochlea-Index (< 0.28), or the absence of a dysplastic trochlea, was significantly higher in the failed treatments (ISI: $p = 0,008$ /PTI: $p = 0,002$ /Dysplasia: $p = 0,001$).

For the part of the study that examined return to sports activity, a total of 62 patients with a mean age of 46 ± 11 years were included. Sports frequency increased significantly from an average of 1 ± 2 sessions per week to 2 ± 1 sessions per week ($p = 0,001$). In the successful treatments, 94 % of patients were able to return to sports at the same or higher level. In addition, 74 % of patients reported improved ability to engage in sports activities. No significant influence of preoperative factors on postoperative sports ability was observed.

Conclusion: Preoperative patellofemoral anatomy has a significant impact on clinical outcomes and failure rates after PFIA. Patients with a patella alta (Insall-Salvati-Index > 1.2 / Patella-Trochlea-Index < 0.28), lateralized tibial tuberosity (TT-PCL > 21 mm), or the absence of a dysplastic trochlea are more likely to experience less improvement and a higher failure rate after PFIA. In these patients, it may be necessary to consider additional procedures for the restoration of the patellofemoral alignment, such as transfer of the tibial tuberosity.

Overall, patellofemoral inlay arthroplasty using the HemiCAP® Wave prosthesis was shown to be a reliable treatment option in the management of end-stage patellofemoral osteoarthritis in young active patients. Study participants showed improvement in their knee function, pain relief, and ability to participate in sports activities.

6. Literaturverzeichnis

- 2med GmbH. (o.J.). HemiCAP kongruente Gelenkkonstruktion: PF Wave. (22.03.2020). http://www.2med.biz/tl_files/dokumente/op_anleitungen_knie/OP%20PF%20Wave%20deutsch.pdf
- AGA-Komitee-Knie-Patellofemoral. (2016). Die Therapie der instabilen Patella. *Gesellschaft für Arthroskopie und Gelenkchirurgie*.
- AGA-Komitee-Knie-Patellofemoral. (2017). Die degenerative Erkrankung des Patellofemoralgelenks: Diagnose und stadiengerechte Therapie. *Gesellschaft für Arthroskopie und Gelenkchirurgie*, 3.
- Amis, A., Firer, P., Mountney, J., Senavongse, W., & Thomas, N. (2003). Anatomy and biomechanics of the medial ligament. *The Knee*, 10(3), 215-220.
- Arendt, E. A., Fithian, D. C., & Cohen, E. (2002). Current concepts of lateral patella dislocation. *Clinics in Sports Medicine*, 21(3), 499-519.
- Argenson, J.-N., Parratte, S., Ashour, A., Komistek, R. D., & Scuderi, G. R. (2008). Patient-reported outcome correlates with knee function after a single-design mobile-bearing TKA. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 466, 2669-2676.
- Arthrosurface. (2010). The Patello-Femoral Arthroplasty Systems: restore the unique articular surface geometry of the Patella and the Femoral Trochlear groove. (13.03.2020). <https://www.readkong.com/page/technique-guide-patello-femoral-arthroplasty-7806928>
- Aumüller, G., Aust, G., Doll, A., Engele, J., Kirsch, J., Mense, S., Reißig, D., Salvetter, J., Schmidt, W., Schmitz, F., Schulte, E., Spänel-Borowski, K., Wolff, W., Wurzing, L., & Zilch, H.-G. (2007). Duale Reihe Anatomie. *Georg Thieme Verlag*, 118.
- Beckmann, J., Merz, C., Huth, J., Rath, B., Schnurr, C., & Thienpont, E. (2019). Patella alta and patellar subluxation might lead to early failure with inlay patello-femoral joint arthroplasty. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 27(3), 685-691.
- Beitzel, K., Schöttle, P. B., Cotic, M., Dharmesh, V., & Imhoff, A. B. (2013). Prospective clinical and radiological two-year results after patellofemoral arthroplasty using an implant with an asymmetric trochlea design. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 21(2), 332-339.
- Bellamy, N. (2005). The WOMAC knee and hip osteoarthritis indices: development, validation, globalization and influence on the development of the AUSCAN hand osteoarthritis indices. *Clinical and experimental rheumatology*, 23(5), 148-153.
- Bellamy, N., Buchanan, W. W., Goldsmith, C. H., Campbell, J., & Stitt, L. W. (1988). Validation study of WOMAC: a health status instrument for measuring clinically important patient relevant outcomes to antirheumatic drug therapy in patients with osteoarthritis of the hip or knee. *The Journal of Rheumatology*, 15(12), 1833-1840.
- Bendixen, N. B., Eskelund, P. W., & Odgaard, A. (2019). Failure modes of patellofemoral arthroplasty—registries vs. clinical studies: a systematic review. *Acta orthopaedica*, 90(5), 473-478.
- Biedert, R. M., & Albrecht, S. (2006). The patellotrochlear index: a new index for assessing patellar height. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 14(8), 707-712.
- Biedert, R. M., & Tscholl, P. M. (2017). Patella alta: a comprehensive review of current knowledge. *Am J Orthop*, 46(06), 290-300.
- Board, T., Mahmood, A., Ryan, W., & Banks, A. (2004). The Lubinus patellofemoral arthroplasty: a series of 17 cases. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*, 124(5), 285-287.
- Bork, H., & Gottfried, T. (2020). Konservative Therapie der Arthrose unter Berücksichtigung der Physikalischen Therapie. *Aktuelle Rheumatologie*, 45(01), 59-66.
- Borus, T., Brilhault, J., Confalonieri, N., Johnson, D., & Thienpont, E. (2014). Patellofemoral joint replacement, an evolving concept. *The Knee*, 21, 47-S50.
- Boutris, N., Delgado, D. A., Labis, J. S., McCulloch, P. C., Lintner, D. M., & Harris, J. D. (2018). Current evidence advocates use of a new pathologic tibial tubercle-posterior cruciate ligament distance threshold in patients with patellar instability. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 26(9), 2733-2742.
- Briggs, K. K., Kocher, M. S., Rodkey, W. G., & Steadman, J. R. (2006). Reliability, validity, and responsiveness of the Lysholm knee score and Tegner activity scale for patients with meniscal injury of the knee. *The Journal of Bone & Joint Surgery*, 88(4), 698-705.

- Briggs, K. K., Steadman, J. R., Hay, C. J., & Hines, S. L. (2009). Lysholm score and Tegner activity level in individuals with normal knees. *The American Journal of Sports Medicine*, 37(5), 898-901.
- Bunyozy, K. I., Lustig, S., & Troelsen, A. (2019). Similar postoperative patient-reported outcome in both second generation patellofemoral arthroplasty and total knee arthroplasty for treatment of isolated patellofemoral osteoarthritis: a systematic review. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 27(7), 2226-2237.
- Caton, J., Deschamps, G., Chambat, P., Lerat, J., & Dejour, H. (1982). Patella infera. Apropos of 128 cases. *Revue de chirurgie orthopedique et reparatrice de l'appareil moteur*, 68(5), 317-325.
- Clement, N. D., Bardgett, M., Weir, D., Holland, J., Gerrand, C., & Deehan, D. J. (2018). What is the minimum clinically important difference for the WOMAC index after TKA? *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 476(10), 2005.
- Collins, N. J., Misra, D., Felson, D. T., Crossley, K. M., & Roos, E. M. (2011). Measures of knee function: International Knee Documentation Committee (IKDC) Subjective Knee Evaluation Form, Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS), Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score Physical Function Short Form (KOOS-PS), Knee Outcome Survey Activities of Daily Living Scale (KOS-ADL), Lysholm Knee Scoring Scale, Oxford Knee Score (OKS), Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index (WOMAC), Activity Rating Scale (ARS), and Tegner Activity Score (TAS). *Arthritis care & research*, 63(S11), 208-228.
- Dahm, D. L., Al-Rayashi, W., Dajani, K., Shah, J. P., Levy, B. A., & Stuart, M. J. (2010). Patellofemoral arthroplasty versus total knee arthroplasty in patients with isolated patellofemoral osteoarthritis. *The American Journal of Orthopedics*, 39(10), 487.
- Dahm, D. L., Kalisvaart, M. M., Stuart, M. J., & Slettedahl, S. W. (2014). Patellofemoral arthroplasty: outcomes and factors associated with early progression of tibiofemoral arthritis. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 22(10), 2554-2559.
- deDeugd, C. M., Pareek, A., Krych, A. J., Cummings, N. M., & Dahm, D. L. (2016). Outcomes of patellofemoral arthroplasty based on radiographic severity. *The Journal of Arthroplasty*, 32(4), 1137-1142.
- Dejour, D., Reynaud, P., & Lecoultré, B. (1998). Douleurs et instabilité rotulienne. Essai de classification. *Médecine et hygiène*, 56(2217), 1466-1471.
- Dejour, H., Walch, G., Nove-Josserand, L., & Guier, C. (1994). Factors of patellar instability: an anatomic radiographic study. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 2(1), 19-26.
- Dickschas, J., Harrer, J., Pfefferkorn, R., & Strecker, W. (2012). Operative treatment of patellofemoral maltracking with torsional osteotomy. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*, 132, 289-298.
- Diederichs, G., & Scheffler, S. (2013). MRT nach Patellaluxation: Quantifizierung der Risikofaktoren und Beschreibung der Folgeschäden. *RöFO*, 185(07), 611-620.
- Dy, C., Franco, N., Ma, Y., Mazumdar, M., McCarthy, M., & Gonzalez Della Valle, A. (2012). Complications after patello-femoral versus total knee replacement in the treatment of isolated patello-femoral osteoarthritis. A meta-analysis. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 20, 2174-2190.
- Escobar, A., Quintana, J., Bilbao, A., Arostegui, I., Lafuente, I., & Vidaurreta, I. (2007). Responsiveness and clinically important differences for the WOMAC and SF-36 after total knee replacement. *Osteoarthritis and Cartilage*, 15(3), 273-280.
- Farr, J., Arendt, E., Dahm, D., & Daynes, J. (2014). Patellofemoral arthroplasty in the athlete. *Clinics in Sports Medicine*, 33(3), 547-552.
- Feller, J. A., Amis, A. A., Andrich, J. T., Arendt, E. A., Erasmus, P. J., & Powers, C. M. (2007). Surgical biomechanics of the patellofemoral joint. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*, 23(5), 542-553.
- Feucht, M. J., Cotic, M., Beitzel, K., Baldini, J. F., Meidinger, G., Schottle, P. B., & Imhoff, A. B. (2017). A matched-pair comparison of inlay and onlay trochlear designs for patellofemoral arthroplasty: no differences in clinical outcome but less progression of osteoarthritis with inlay designs. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 25(9), 2784-2791.
- Feucht, M. J., Lutz, P. M., Ketzer, C., Rupp, M. C., Cotic, M., Imhoff, A. B., & Pogorzelski, J. (2020). Preoperative patellofemoral anatomy affects failure rate after isolated patellofemoral inlay arthroplasty. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*, 140(12), 2029-2039.

- Goutallier, D., Bernageau, J., & Lecudonnet, B. (1978). The measurement of the tibial tuberosity. Patella groove distanced technique and results (author's transl). *Revue de chirurgie orthopedique et reparatrice de l'appareil moteur*, 64(5), 423-428.
- Grelsamer, R. P. (2000). Patellar Malalignment. *The Journal of Bone & Joint Surgery*, 82-A(11), 1639.
- Grelsamer, R. P., Dejour, D., & Gould, J. (2008). The Pathophysiology of Patellofemoral Arthritis. *Orthopedic Clinics of North America*, 39(3), 269-274.
- Grelsamer, R. P., & Stein, D. A. (2006). Patellofemoral Arthritis. *The Journal of Bone and Joint Surgery*, 88(8), 1849-1860.
- Harrasser, N., von Eisenhart-Rothe, R., Gollwitzer, H., Toepfer, A., Salzmann, M., Berger, N., Knebel, C., Margraf, J., Grüttner, B., & Huber-Wagner, S. (2021). Untere Extremität. *Facharztwissen Orthopädie Unfallchirurgie*, 395-697.
- Hawker, G. A., Mian, S., Kendzerska, T., & French, M. (2011). Measures of adult pain: Visual analog scale for pain (vas pain), numeric rating scale for pain (nrs pain), mcgill pain questionnaire (mpq), short-form mcgill pain questionnaire (sf-mpq), chronic pain grade scale (cpgs), short form-36 bodily pain scale (sf-36 bps), and measure of intermittent and constant osteoarthritis pain (icoap). *Arthritis care & research*, 63(S11), S240-S252.
- Healy, W. L., Sharma, S., Schwartz, B., & Iorio, R. (2008). Athletic activity after total joint arthroplasty. *The Journal of Bone & Joint Surgery*, 90(10), 2245-2252.
- Heidenreich, M. J., Camp, C. L., Dahm, D. L., Stuart, M. J., Levy, B. A., & Krych, A. J. (2017). The contribution of the tibial tubercle to patellar instability: analysis of tibial tubercle–trochlear groove (TT-TG) and tibial tubercle–posterior cruciate ligament (TT-PCL) distances. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 25(8), 2347-2351.
- Hensler, D., & Schöttle, P. (2010). Erweiterte Indikationen für die Rekonstruktion des medialen patellofemorale Ligaments. *Arthroskopie*, 23(3), 184-190.
- Hingelbaum, S., Best, R., Huth, J., Wagner, D., Bauer, G., & Mauch, F. (2014). The TT-TG Index: a new knee size adjusted measure method to determine the TT-TG distance. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 22(10), 2388-2395.
- Hinterwimmer, S., Gotthardt, M., von Eisenhart-Rothe, R., Sauerland, S., Siebert, M., Vogl, T., Eckstein, F., & Graichen, H. (2005). In vivo contact areas of the knee in patients with patellar subluxation. *Journal of Biomechanics*, 38(10), 2095-2101.
- Hinterwimmer, S., Rosenstiel, N., Lenich, A., Waldt, S., & Imhoff, A. (2012). Femoral osteotomy for patellofemoral instability. *Der Unfallchirurg*, 115, 410-416.
- Hunter, D. J., & Lo, G. H. (2008). The management of osteoarthritis: an overview and call to appropriate conservative treatment. *Rheumatic Disease Clinics of North America*, 34(3), 689-712.
- Imhoff, A. B., & Feucht, M. J. (2017). *Atlas sportorthopädisch- sporttraumatologische Operationen*. Springer- Verlag.
- Imhoff, A. B., Feucht, M. J., Bartsch, E., Cotic, M., & Pogorzelski, J. (2019). High patient satisfaction with significant improvement in knee function and pain relief after mid-term follow-up in patients with isolated patellofemoral inlay arthroplasty. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 27(7), 2251-2258.
- Imhoff, A. B., Feucht, M. J., Meidinger, G., Schöttle, P. B., & Cotic, M. (2015). Prospective evaluation of anatomic patellofemoral inlay resurfacing: clinical, radiographic, and sports-related results after 24 months. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 23(5), 1299-1307.
- Imhoff, A. B., & Pogorzelski, J. (2022). Patellofemoral Arthroplasty: Onlay Versus Inlay Prostheses. In *Basics in Primary Knee Arthroplasty* (pp. 207-215). Springer.
- Imhoff, F. B., Funke, V., Muench, L. N., Sauter, A., Englmaier, M., Woertler, K., Imhoff, A. B., & Feucht, M. J. (2020). The complexity of bony malalignment in patellofemoral disorders: femoral and tibial torsion, trochlear dysplasia, TT–TG distance, and frontal mechanical axis correlate with each other. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 28(3), 897-904.
- Insall, J., & Salvati, E. (1971). Patella position in the normal knee joint. *Radiology*, 101(1), 101-104.
- Iwano, T., Kurosawa, H., Tokuyama, H., & Hoshikawa, Y. (1990). Roentgenographic and clinical findings of patellofemoral osteoarthrosis. With special reference to its relationship to femorotibial osteoarthrosis and etiologic factors. *Clinical Orthopaedics and Related Research*(252), 190-197.
- Jaeschke, R., Singer, J., & Guyatt, G. H. (1989). Measurement of health status: ascertaining the minimal clinically important difference. *Controlled clinical trials*, 10(4), 407-415.

- Jerosch, J., Heisel, J., & Tibesku, C. (2013). *Knieendoprothetik: Indikationen, Operationstechnik Nachbehandlung, Begutachtung* (Vol. 2). Springer Verlag.
- Kazarian, G. S., Tarity, T. D., Hansen, E. N., Cai, J., & Lonner, J. H. (2016). Significant functional improvement at 2 years after isolated patellofemoral arthroplasty with an onlay trochlear implant, but low mental health scores predispose to dissatisfaction. *The Journal of Arthroplasty*, *31*(2), 389-394.
- Kellgren, J., & Lawrence, J. (1957). Radiological Assessment of Osteoarthritis. *Annals of the rheumatic diseases*, *16*(4), 494.
- Keshmiri, A., Imhoff, A., & Dirisamer, F. (2020). Patellofemoral arthritis: Plea for a customized therapy. *Arthroskopie*, *33*, 441-447.
- Kohn, L. M., Meidinger, G., Beitzel, K., Banke, I. J., Hensler, D., Imhoff, A. B., & Schöttle, P. B. (2013). Isolated and combined medial patellofemoral ligament reconstruction in revision surgery for patellofemoral instability: a prospective study. *The American Journal of Sports Medicine*, *41*(9), 2128-2135.
- Kohn, M. D., Sassoon, A. A., & Fernando, N. D. (2016). Classifications in brief: Kellgren-Lawrence classification of osteoarthritis. *The Association of Bone and Joint Surgeons*, *474*(8), 1886-1893.
- Landis, J. R., & Koch, G. G. (1977). The measurement of observer agreement for categorical data. *biometrics*, 159-174.
- Laursen, J. O. (2017). High mid-term revision rate after treatment of large, full-thickness cartilage lesions and OA in the patellofemoral joint using a large inlay resurfacing prosthesis: HemiCAP-Wave®. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, *25*(12), 3856-3861.
- Laursen, J. O., Backer Mogensen, C., & Skjøt-Arkil, H. (2019). HemiCAP Knee Implants: Mid-to Long-Term Results. *Cartilage*, 1-8.
- Leadbetter, W. B. (2008). Patellofemoral arthroplasty in the treatment of patellofemoral arthritis: rationale and outcomes in younger patients. *Orthopedic Clinics of North America*, *39*(3), 363-380.
- Leadbetter, W. B., Ragland, P. S., & Mont, M. A. (2005). The appropriate use of patellofemoral arthroplasty: an analysis of reported indications, contraindications, and failures. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, *436*, 91-99.
- Leadbetter, W. B., Seyler, T. M., Ragland, P. S., & Mont, M. A. (2006). Indications, Contraindications, and Pitfalls of Patellofemoral Arthroplasty. *The Journal of Bone & Joint Surgery*, *88*(4), 122-137.
- Lewis, P. L., Tudor, F., Lorimer, M., McKie, J., Bohm, E., Robertsson, O., Makela, K. T., Haapakoski, J., Furnes, O., & Bartz-Johannessen, C. (2020). Short-term revision risk of patellofemoral arthroplasty is high: An analysis from eight large arthroplasty registries. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, *478*(6), 1222-1231.
- Liow, M. H. L., Goh, G. S.-H., Tay, D. K.-J., Chia, S.-L., Lo, N.-N., & Yeo, S.-J. (2016). Obesity and the absence of trochlear dysplasia increase the risk of revision in patellofemoral arthroplasty. *The Knee*, *23*(2), 331-337.
- Lonner, J. H. (2004). Patellofemoral arthroplasty: pros, cons, and design considerations. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, *428*, 158-165.
- Lonner, J. H. (2008). Patellofemoral arthroplasty: the impact of design on outcomes. *Orthopedic Clinics of North America*, *39*(3), 347-354.
- Lonner, J. H., & Bloomfield, M. R. (2013). The clinical outcome of patellofemoral arthroplasty. *Orthopedic Clinics*, *44*(3), 271-280.
- Lonner, J. H., Jasko, J. G., & Booth, R. E., Jr. (2006). Revision of a failed patellofemoral arthroplasty to a total knee arthroplasty. *The Journal of Bone & Joint Surgery*, *88*(11), 2337-2342.
- Lustig, S., Magnussen, R. A., Dahm, D. L., & Parker, D. (2012). Patellofemoral arthroplasty, where are we today? *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, *20*(7), 1216-1226.
- Lysholm, J., & Gillquist, J. (1982). Evaluation of knee ligament surgery results with special emphasis on use of a scoring scale. *The American Journal of Sports Medicine*, *10*(5), 150-154.
- Mäenpää, H., & Lehto, M. U. (1997). Patellofemoral osteoarthritis after patellar dislocation. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, *339*, 156-162.
- Meidinger, G., & Schöttle, P. (2010). Pathogenese und Diagnostik der patellofemorale Arthrose. *Arthroskopie*, *23*(3), 201-207.

- Merchant, A. C., Mercer, R. L., Jacobsen, R. H., & Cool, C. R. (1974). Roentgenographic analysis of patellofemoral congruence. *The Journal of Bone & Joint Surgery*, 56(7), 1391-1396.
- Minkowitz, R. B., & Bosco III, J. A. (2009). Patellofemoral arthritis. *Bulletin of the NYU hospital for joint diseases*, 67(1), 30.
- Mont, M. A., Haas, S., Mullick, T., & Hungerford, D. S. (2002). Total knee arthroplasty for patellofemoral arthritis. *The Journal of Bone & Joint Surgery*, 84(11), 1977-1981.
- Naal, F. D., Fischer, M., Preuss, A., Goldhahn, J., von Knoch, F., Preiss, S., Munzinger, U., & Drobny, T. (2007). Return to sports and recreational activity after unicompartmental knee arthroplasty. *The American Journal of Sports Medicine*, 35(10), 1688-1695.
- Odgaard, A., Madsen, F., Kristensen, P. W., Kappel, A., & Fabrin, J. (2018). The mark Coventry award: patellofemoral arthroplasty results in better range of movement and early patient-reported outcomes than TKA. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 476(1), 87.
- Oestern, S., Varoga, D., Lippross, S., Kaschwich, M., Finn, J., Buddrus, B., & Seekamp, A. (2011). Patellaluxation. *Der Unfallchirurg*, 114(4), 345-359.
- Ostermeier, S., & Becher, C. (2010). Einfluss des Tuberositastransfers auf das patellofemorale Gelenk. *Arthroskopie*, 23(3), 208-214.
- Outerbridge, R. E. (1961). The etiology of chondromalacia patellae. *The Journal of Bone and Joint Surgery. British Volume*, 43(4), 752-757.
- Patel, A., Haider, Z., Anand, A., & Spicer, D. (2017). Early results of patellofemoral inlay resurfacing arthroplasty using the HemiCap Wave prosthesis. *Journal of Orthopaedic Surgery*, 25(1), 1-5.
- Paul, R. W., Brutico, J. M., Wright, M. L., Erickson, B. J., Tjoumakaris, F. P., Freedman, K. B., & Bishop, M. E. (2021). Strong Agreement Between Magnetic Resonance Imaging and Radiographs for Caton-Deschamps Index in Patients With Patellofemoral Instability. *Arthrosc Sports Med Rehabil*, 3(6), e1621-e1628.
- Pietschmann, M. F., Wohlleb, L., Weber, P., Schmidutz, F., Ficklscherer, A., Gülecüyü, M. F., Safi, E., Niethammer, T. R., Jansson, V., & Müller, P. E. (2013). Sports activities after medial unicompartmental knee arthroplasty Oxford III—what can we expect? *International Orthopaedics*, 37(1), 31-37.
- Pogorzelski, J., Rupp, M., Ketzer, C., Cotic, M., Lutz, P., Beeck, S., Imhoff, A. B., & Feucht, M. J. (2020). Reliable improvements in participation in low-impact sports following implantation of a patellofemoral inlay arthroplasty at mid-term follow-up. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 29, 3392-3399
- Roos, E. (2003). *A User's Guide to: Knee injury and Osteoarthritis Outcome Score KOOS*. <http://www.koos.nu/KOOSGuide2003.pdf>
- Roos, E., & Toksvig-Larsen, S. (2003). Knee injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS)—validation and comparison to the WOMAC in total knee replacement. *Health and Quality of Life Outcomes*, 1(1), 1-10.
- Salzmann, G. M., Ahrens, P., Naal, F. D., El-Azab, H., Spang, J. T., Imhoff, A. B., & Lorenz, S. (2009). Sporting activity after high tibial osteotomy for the treatment of medial compartment knee osteoarthritis. *The American Journal of Sports Medicine*, 37(2), 312-318.
- Salzmann, G. M., Weber, T. S., Spang, J. T., Imhoff, A. B., & Schöttle, P. B. (2010). Comparison of native axial radiographs with axial MR imaging for determination of the trochlear morphology in patients with trochlear dysplasia. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*, 130(3), 335-340.
- Schneider, B., Laubenberger, J., Jemlich, S., Groene, K., Weber, H., & Langer, M. (1997). Measurement of femoral antetorsion and tibial torsion by magnetic resonance imaging. *The British journal of radiology*, 70(834), 575-579.
- Schomacher, J. (2008). Gütekriterien der visuellen Analogskala zur Schmerzbewertung. *physioscience*, 4(03), 125-133.
- Schöttle, P., & Hensler, D. (2009). Therapie der patellofemorale Arthrose. *Arthroskopie*, 22(3), 205-216.
- Schöttle, P., & Ostermeier, S. (2012). Die patellofemorale Arthrose: Behandlungsmöglichkeiten. *Arthroskopie*, 25(3), 204-214.
- Schöttle, P., Weiler, A., & Romero, J. (2005). Rekonstruktion des Lig. patellofemorale mediale bei patellofemorale Instabilität. *Arthroskopie*, 18(4), 293-300.

- Schöttle, P. B., Hensler, D., & Imhoff, A. B. (2010). Anatomical double-bundle MPFL reconstruction with an aperture fixation. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, *18*, 147-151.
- Schöttle, P. B., Zanetti, M., Seifert, B., Pfirrmann, C. W., Fucentese, S. F., & Romero, J. (2006). The tibial tuberosity–trochlear groove distance; a comparative study between CT and MRI scanning. *The Knee*, *13*(1), 26-31.
- Seitlinger, G., Scheurecker, G., Högler, R., Labey, L., Innocenti, B., & Hofmann, S. (2012). Tibial tubercle–posterior cruciate ligament distance: a new measurement to define the position of the tibial tubercle in patients with patellar dislocation. *The American Journal of Sports Medicine*, *40*(5), 1119-1125.
- Stein, B. E. S., Brady, J. M., Grawe, B., Tuakli-Wosornu, Y., Nguyen, J. T., Wolfe, E., Voigt, M., Mahony, G., & Strickland, S. (2017). Return to Activities After Patellofemoral Arthroplasty. *The American Journal of Orthopedics*, *46*, E353–e357.
- Stephen, J. M., Lumpaopong, P., Dodds, A. L., Williams, A., & Amis, A. A. (2015). The effect of tibial tuberosity medialization and lateralization on patellofemoral joint kinematics, contact mechanics, and stability. *The American Journal of Sports Medicine*, *43*(1), 186-194.
- Swanenburg, J., Koch, P. P., Meier, N., & Wirth, B. (2014). Function and activity in patients with knee arthroplasty: validity and reliability of a German version of the Lysholm Score and the Tegner Activity Scale. *Swiss medical weekly*, *144*, w13976.
- Tanikawa, H., Tada, M., Harato, K., Okuma, K., & Nagura, T. (2017). Influence of total knee arthroplasty on patellar kinematics and patellofemoral pressure. *The Journal of Arthroplasty*, *32*(1), 280-285.
- Tarassoli, P., Punwar, S., Khan, W., & Johnstone, D. (2012). Suppl 2: Patellofemoral arthroplasty: A systematic review of the literature. *The open orthopaedics journal*, *6*, 340.
- Tegner, Y., & Lysholm, J. (1985). Rating systems in the evaluation of knee ligament injuries. *Clinical Orthopaedics and Related Research*(198), 43-49.
- Tubach, F., Ravaud, P., Baron, G., Falissard, B., Logeart, I., Bellamy, N., Bombardier, C., Felson, D., Hochberg, M., & van der Heijde, D. (2005). Evaluation of clinically relevant changes in patient reported outcomes in knee and hip osteoarthritis: the minimal clinically important improvement. *Annals of the rheumatic diseases*, *64*(1), 29-33.
- Valoroso, M., Saffarini, M., La Barbera, G., Toanen, C., Hannink, G., Nover, L., & Dejour, D. H. (2017). Correction of patellofemoral malalignment with patellofemoral arthroplasty. *The Journal of Arthroplasty*, *32*(12), 3598-3602.
- Van der List, J., Chawla, H., Villa, J., & Pearle, A. (2016). Why do patellofemoral arthroplasties fail today? A systematic review. *The Knee*, *24*(1), 2-8.
- Van der List, J. P., Chawla, H., Zuiderbaan, H. A., & Pearle, A. D. (2015). Survivorship and functional outcomes of patellofemoral arthroplasty: a systematic review. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, *25*(8), 2622-2631.
- van Duijvenbode, D., Stavenuiter, M., Burger, B., van Dijke, C., Spermon, J., & Hoozemans, M. (2016). The reliability of four widely used patellar height ratios. *International Orthopaedics*, *40*(3), 493-497.
- van Jonbergen, H.-P. W., Werkman, D. M., & van Kampen, A. (2009). Conversion of patellofemoral arthroplasty to total knee arthroplasty: a matched case-control study of 13 patients. *Acta orthopaedica*, *80*(1), 62-66.
- Vandenneucker, H., Labey, L., Vander Sloten, J., Desloovere, K., & Bellemans, J. (2016). Isolated patellofemoral arthroplasty reproduces natural patellofemoral joint kinematics when the patella is resurfaced. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, *24*(11), 3668-3677.
- Verhulst, F. V., van Sambeek, J. D., Olthuis, G. S., van der Ree, J., & Koëter, S. (2020). Patellar height measurements: Insall–Salvati ratio is most reliable method. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, *28*(3), 869-875.
- Waldt, S., Eiber, M., & Wörtler, K. (2011). *Messverfahren und Klassifikationen in der muskuloskelettalen Radiologie*. Georg Thieme.
- Waldt, S., Eiber, M., & Wörtler, K. (2023). *Messverfahren und Klassifikationen in der muskuloskelettalen Radiologie*. Georg Thieme Verlag.
- Walker, T., Perkinson, B., & Mihalko, W. M. (2012). Patellofemoral arthroplasty: the other unicompartmental knee replacement. *The Journal of Bone & Joint Surgery*, *94*(18), 1712-1720.
- Ward, S. R., & Powers, C. M. (2004). The influence of patella alta on patellofemoral joint stress during normal and fast walking. *Clinical Biomechanics*, *19*(10), 1040-1047.

- Ward, S. R., Terk, M. R., & Powers, C. M. (2007). Patella alta: association with patellofemoral alignment and changes in contact area during weight-bearing. *JBJS*, *89*(8), 1749-1755.
- Willekens, P., Victor, J., Verbruggen, D., Vande Kerckhove, M., & Van der Straeten, C. (2015). Outcome of patellofemoral arthroplasty, determinants for success. *Acta Orthop Belg*, *81*(4), 759-767.
- Witjes, S., Gouttebauge, V., Kuijer, P. P. F., van Geenen, R. C., Poolman, R. W., & Kerckhoffs, G. M. (2016). Return to sports and physical activity after total and unicondylar knee arthroplasty: a systematic review and meta-analysis. *Sports medicine*, *46*(2), 269-292.
- Woon, C. Y., Christ, A. B., Goto, R., Shanaghan, K., Stein, B. E. S., & Della Valle, A. G. (2019). Return to the operating room after patellofemoral arthroplasty versus total knee arthroplasty for isolated patellofemoral arthritis—a systematic review. *International Orthopaedics*, *43*(7), 1611-1620.
- Wylde, V., Blom, A., Dieppe, P., Hewlett, S., & Learmonth, I. (2008). Return to sport after joint replacement. *The Journal of Bone and Joint Surgery, British volume*, *90*(7), 920-923.
- Yang, J. S., Fulkerson, J. P., Obopilwe, E., Voss, A., Divenere, J., Mazzocca, A. D., & Edgar, C. M. (2017). Patellofemoral contact pressures after patellar distalization: a biomechanical study. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*, *33*(11), 2038-2044.

7. Anhänge

Anhang 1: Patientenanschreiben

Anhang 2: Patienten-Fragebogen präoperativ

Anhang 3: Patienten-Fragebogen postoperativ

Anhang 4: Ethikvotum der Fakultät für Medizin



Sektion Sportorthopädie · Klinikum rechts der Isar
Ismaninger Straße 22 · 81675 München

UNIVERSITÄRE
SPORTORTHOPÄDIE



**Klinikum rechts der Isar
Technische Universität München**

Anstalt des öffentlichen Rechts

Sektion Sportorthopädie

Prof. Dr. Sebastian Siebenlist, MHBA
Sektionsleiter / Chefarzt

Ismaninger Straße 22
81675 München

Tel: (089) 4140-7821

Fax: (089) 4140-7826

E-Mail: sportortho@mri-tum.de

URL: <https://www.sportortho.mri-tum.de>

URL: www.sportortho.university

**Fragebogen zu Ihrem Befinden/Zustand ca. XY Jahre nach der Operation
an Ihrem operierten Bein (Implantation eines patellofemorale
Oberflächenersatzes, sog. WAVE® - Prothese), OP am tt.dd.jj.**

Sehr geehrter **Herr/Frau XY**,

vor ca. **x** Jahren wurden Sie in unserer Abteilung an Ihrem Bein operiert.
Mit diesem Schreiben möchten wir Sie bitten weiterhin an der Studie/Befragung
teilzunehmen.

Ihr freundliches Einverständnis vorausgesetzt, würden wir Sie bzw. Ihr
Kniegelenk gerne für den Zeitpunkt **heute (also ca. x Jahre nach der OP)** mit
Hilfe der folgenden Fragebögen (siehe Anlage) beurteilen.

Falls Sie andere Beschwerden, z.B. an anderen Gelenken haben, so blenden
Sie diese für die Beantwortung des Fragebogens bitte aus.

Die Befragung und die daraus resultierenden Ergebnisse sind Inhalt einer
klinischen Studie, die später von uns veröffentlicht wird.
Die Veröffentlichung der Daten geschieht völlig anonym.

Wenn Sie sich etwa fünfzehn Minuten Zeit nehmen, um die folgenden
Fragebögen auszufüllen, würden Sie uns und der universitären Wissenschaft
helfen sich stets zu verbessern!

Wir bitten um die vollständige Beantwortung unserer Fragen.
Allfällige Wiederholungen oder ähnlich klingende Fragen entschuldigen wir,
trotzdem ist die jeweilige Beantwortung für uns wichtig.
Wir bitten um die Rücksendung des Fragebogens sowie des unterschriebenen
Anschreibens im beigefügten frankierten Rückumschlag.
Die Erhebung und Auswertung unserer Fragen wird unabhängig ermittelt und
hat selbstverständlich keinerlei Einfluss auf Ihre Behandlung.

Wenn Sie mit der anonymen Befragung einverstanden sind, bitten wir Sie um
Ihr schriftliches Einverständnis mit Ort, Datum und Unterschrift,
auf der nächsten Seite.

Vielen Dank für Ihre Kooperation.

**Poliklinik für Sportorthopädie
(Haus 524)**

Sprechstunden- u. OP-Termine

Tel: (089) 4140-7840

Fax: (089) 4140-7841

E-Mail: sportpoliklinik@mri-tum.de

**Sprechstunden tgl. 8 – 16 Uhr
Montag**

Privatsprechstunde

Prof. Dr. Sebastian Siebenlist

Dienstag – Freitag

Sprechstunden der Oberärzte

Gf. OA PD Dr. Bastian Scheiderer

OA PD Dr. Julian Mehl

OA PD Dr. Lucca Lacheta

OA PD Dr. Andrea Achtnich

FOA Dr. Alexander Otto

FOA PD Dr. Lukas Willinger

Station R1a

Sekretariat Tel: (089) 4140-7844

Sekretariat Tel: (089) 4140-7863

Sekretariat Fax: (089) 4140-7889

E-Mail: sportstation@mri-tum.de

Vorstand:

Dr. Martin Siess

(Ärztlicher Direktor, Vorsitzender)

Marie le Claire

(Kaufmännische Direktorin)

Silke Großmann

(Pflegedirektorin)

Prof. Dr. Stephanie E. Combs

(Dekanin)

Ort, Datum,

Unterschrift

Dr. Matthias Cotic
Wiss. Mitarbeiter
+49 (0)89 4140 7887
matthias.cotic@lrz.tum.de

Eva Bartsch
Wiss. Mitarbeiterin
+49 +89 4140 7867
eva.bartsch@mri.tum.de

UNIVERSITÄRE
SPORTORTHOPÄDIE



Sektion Sportorthopädie
des Klinikum rechts der Isar
der Technischen Universität München
Anstalt des öffentlichen Rechts

Sektionsleiter: Prof. Dr. Sebastian Siebenlist, MHBA

Prä- OP-Fragebogen zur Implantation Ihres
patellofemorale Oberflächenersatzes
(WAVE® - Prothese)

Allgemeine Daten

Name _____

Vorname _____

Telefon _____

Email _____

Adresse _____

Geb. Datum _____

Allgemeine Fragen

Alter

Größe

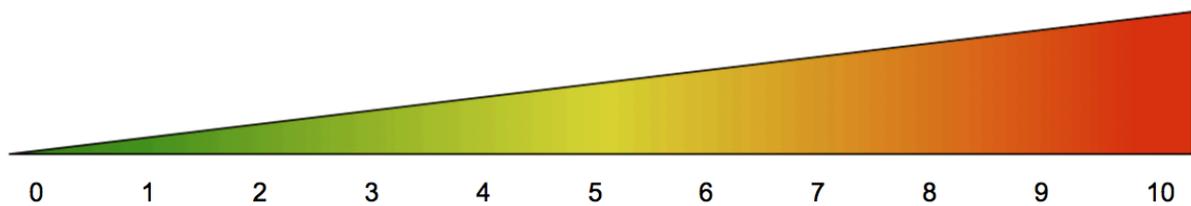
Gewicht

VAS

Visuelle Analogskala = subjektive Einschätzung Ihrer aktuellen Schmerzen

Wie stark sind Ihre Schmerzen im Knie zurzeit?

Bitte kreisen Sie eine Zahl zwischen 0 (keine Schmerzen) und 10 (unerträgliche Schmerzen) ein.



„KOOS“ KNIEFRAGEBOGEN

Datum: ____/____/____ Geburtsdatum: ____/____/____

Patienten Nr: _____

ANLEITUNG: Dieser Ankreuzbogen befragt Sie, welchen Eindruck Sie von Ihrem Knie haben. Die dadurch gewonnene Information wird uns helfen zu überwachen, wie es Ihnen mit Ihrem Knie geht und wie gut Sie in der Lage sind, Ihre üblichen Aktivitäten zu verrichten.

Beantworten Sie bitte jede Frage durch ankreuzen des zugehörigen Kästchens. Bitte nur ein Kästchen pro Frage ankreuzen. Wenn Sie sich unsicher sind, wie Sie die Frage beantworten sollen, wählen Sie die Antwort aus, die Ihnen am zutreffendsten erscheint.

Symptome

Diese Fragen beziehen sich auf Beschwerden von Seiten Ihres Kniegelenkes in der **vergangenen Woche**.

S1. Haben Sie Schwellungen an Ihrem Knie?

niemals selten manchmal oft immer

S2. Fühlen Sie manchmal ein Mahlen, hören Sie manchmal ein Klicken oder irgendein Geräusch, wenn Sie Ihr Knie bewegen?

niemals selten manchmal oft immer

S3. Bleibt Ihr Knie manchmal hängen, oder blockiert es, wenn Sie es bewegen?

niemals selten manchmal oft immer

S4. Können Sie Ihr Knie ganz ausstrecken?

immer oft manchmal selten nie

S5. Können Sie Ihr Knie ganz beugen?

immer oft manchmal selten nie

Steifigkeit

Die nachfolgenden Fragen betreffen die Steifigkeit Ihres Kniegelenkes während der **letzten Woche**. Unter Steifigkeit versteht man ein Gefühl der Einschränkung oder Verlangsamung der Fähigkeit Ihr Kniegelenk zu bewegen.

Für jede der nachfolgenden Aktivitäten sollen Sie das Ausmaß der Schwierigkeiten angeben, welche Sie durch Ihr Kniegelenk innerhalb der letzten Woche erfahren haben.

S6. Wie stark ist Ihre KniestEIFigkeit morgens direkt nach dem Aufstehen?

keine schwach mäßig stark sehr stark

S7. Wie stark ist Ihre KniestEIFigkeit nach dem Sie saßen, lagen, oder sich ausruhten im **Verlauf des Tages**?

keine schwach mäßig stark sehr stark

Schmerzen

P1. Wie oft tut Ihnen Ihr Knie weh?

niemals	monatlich	wöchentlich	täglich	immer
<input type="checkbox"/>				

Wie ausgeprägt waren Ihre Schmerzen in der **vergangenen Woche** als Sie z.B.:

P2. sich im Knie drehen?

keine	schwach	mäßig	stark	sehr stark
<input type="checkbox"/>				

P3. Ihr Knie ganz ausstrecken?

keine	schwach	mäßig	stark	sehr stark
<input type="checkbox"/>				

P4. Ihr Knie ganz beugen?

keine	schwach	mäßig	stark	sehr stark
<input type="checkbox"/>				

P5. auf ebenem Boden gehen?

keine	schwach	mäßig	stark	sehr stark
<input type="checkbox"/>				

P6. Treppen hinauf oder heruntergehen?

keine	schwach	mäßig	stark	sehr stark
<input type="checkbox"/>				

P7. nachts im Bett liegen?

keine	schwach	mäßig	stark	sehr stark
<input type="checkbox"/>				

P8. saßen oder lagen, z.B. auf der Couch?

keine	schwach	mäßig	stark	sehr stark
<input type="checkbox"/>				

P9. aufrecht standen?

keine	schwach	mäßig	stark	sehr stark
<input type="checkbox"/>				

Aktivitäten des täglichen Lebens

Die nachfolgenden Fragen beziehen sich auf Ihre körperliche Leistungsfähigkeit. Hierunter verstehen wir Ihre Fähigkeit sich selbständig zu bewegen bzw. sich selbst zu versorgen.

Für jede der nachfolgenden Aktivitäten sollen Sie das Ausmaß der Schwierigkeiten angeben, welche Sie durch Ihr Kniegelenk innerhalb der **letzten Woche** erfahren haben.

Welche Schwierigkeiten hatten Sie **letzte Woche** als Sie z.B.:

A1. Treppen herunterstiegen?

keine	wenig	einige	große	sehr große
<input type="checkbox"/>				

A2. Treppen hinaufstiegen?

keine	wenig	einige	große	sehr große
<input type="checkbox"/>				

A3. vom Sitzen aufstehen?

keine	wenig	einige	große	sehr große
<input type="checkbox"/>				

Welche Schwierigkeiten hatten Sie **letzte Woche** als Sie z.B.:

A4. standen?

keine wenig einige große sehr große

A5. sich bückten um z.B. etwas vom Boden aufzuheben?

keine wenig einige große sehr große

A6. auf ebenen Boden gingen?

keine wenig einige große sehr große

A7. ins Auto ein- oder ausstiegen?

keine wenig einige große sehr große

A8. einkaufen gehen?

keine wenig einige große sehr große

A9. Strümpfe/Socken anziehen?

keine wenig einige große sehr große

A10. vom Bett aufstehen?

keine wenig einige große sehr große

A11. Strümpfe/Socken ausziehen?

keine wenig einige große sehr große

A12. im Bett liegen und sich drehen, ohne das Knie dabei zu beugen?

keine wenig einige große sehr große

A13. in oder aus der Badewanne kommen?

keine wenig einige große sehr große

A14. saßen?

keine wenig einige große sehr große

A15. sich auf die Toilette setzen oder aufstehen?

keine wenig einige große sehr große

A16. schwere Hausarbeit verrichteten (schrubben, Garten umgraben, ...)?

keine wenig einige große sehr große

A17. leichte Hausarbeit verrichteten (Staub wischen, kochen, ...)?

keine wenig einige große sehr große

Knee and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS), German version LK1.01

Sport und Freizeit

Die nachfolgenden Fragen beziehen sich auf Ihre körperliche Belastbarkeit im Rahmen eher sportlicher Aktivitäten. Für jede der nachfolgenden Aktivitäten sollen Sie das Ausmaß der Schwierigkeiten angeben, welche Sie durch Ihr Kniegelenk innerhalb der **letzten Woche** erfahren haben.

Hatten Sie Schwierigkeiten **letzte Woche** als Sie z.B.:

SP1. in die Hocke gingen?

keine wenig einige große sehr große

SP2. rannten?

keine wenig einige große sehr große

SP3. hüpfen?

keine wenig einige große sehr große

SP4. sich auf Ihrem kranken Knie umdrehen?

keine wenig einige große sehr große

SP5. sich hinknieten?

keine wenig einige große sehr große

Beeinflussung der Lebensqualität durch das betroffene Knie

Q1. Wie oft spüren Sie Ihr erkranktes Knie?

nie monatlich wöchentlich täglich immer

Q2. Haben Sie Ihre Lebensweise verändert um eventuell Ihrem Knie schadende Tätigkeiten zu vermeiden?

nicht wenig etwas stark vollständig

Q3. Wie sehr macht es Ihnen zu schaffen, daß Ihr Knie nicht stabil ist?

gar nicht wenig einiges schlimm sehr schlimm

Q4. Wie würden Sie insgesamt die Schwierigkeiten bewerten die Sie durch das Knie haben?

keine wenig etwas große sehr große

LYSHOLM- Kniescore

Bitte kreuzen Sie die entsprechende Antwortmöglichkeit an. Jeweils **EIN** Kreuz pro Frage!

1. Hinken oder humpeln Sie?

- nie
- wenig oder nur zeitweise
- schwer und ständig

2. Benötigen Sie eine Gehhilfe?

- nein
- Stock oder Krücke
- gehunfähig

3. Treppensteigen?

- problemlos
- etwas erschwert
- langsam, Stufe um Stufe
- unmöglich

4. In die Hocke gehen?

- problemlos
- etwas erschwert
- schwer möglich (nicht über 90°)
- unmöglich

5. Unsicherheitsgefühl im Kniegelenk?

- nie
- selten beim Sport oder schweren Anstrengungen
- häufig beim Sport oder schweren Anstrengungen
- gelegentlich bei Alltagsarbeiten
- oft bei Alltagsarbeiten
- bei jeder Bewegung bzw. jedem Schritt

6. Schmerzen?

- keine
- ab und zu ein wenig bei schwerer Anstrengung
- Auftreten bei Knieunsicherheit
- Auftreten bei schweren Anstrengungen
- Auftreten während oder nach einem Spaziergang von mehr als 2 km Länge
- Auftreten während oder nach einem Spaziergang von weniger als 2 km Länge
- ständig und stark

7. Schwellung des Kniegelenkes?

- keine
- bei Knieunsicherheit
- bei schwerer Anstrengung
- bei leichter Anstrengung
- ständig

8. Muskelschwäche des / der Beine(s)?

- keine
- gering (Oberschenkelumfang 1-2 cm verringert)
- ausgeprägt (Oberschenkelumfang mehr als 2 cm verringert)

Tegner Aktivitäts-Fragebogen - Derzeit

Kreuzen Sie bitte an, welches die anspruchsvollste Tätigkeit ist, die Sie ohne Einschränkungen

derzeit

ausführen können:

10	Nationale oder internationale Turniere	Fußball, Hallen- Ballsport mit Gegnerkontakt (z.B. Handball, Basketball)
9	Nationale oder internationale Turniere	Abfahrtslauf, Hallen- Ballsport ohne Gegnerkontakt (z.B. Squash, Badminton)
	Regionale Turniere	Fußball, Hallen- Ballsport mit Gegnerkontakt
8	Turniersport	Hallen- Ballsport ohne Gegnerkontakt, Eishockey, Abfahrtslauf
7	Turniersport	Tennis, Turnen, Ringen, Leichtathletik
	Freizeitsport	Fußball, Hallen- Ballsport, Querfeldeinlauf, Abfahrtslauf
6	Freizeitsport	Tennis, Leichtathletik, Turnen, Joggen mindestens fünf Mal pro Woche
5	Arbeit	schwere körperliche Arbeit (z.B. Bauarbeit, Waldarbeit)
	Turniersport	Radfahren, Langlauf, Rudern
	Freizeitsport	Jogging auf unebenem Boden mind. 2x/Woche
4	Arbeit	mittelschwere körperliche Arbeit (z.B. Lastwagenfahren, Bodenreinigung)
	Freizeitsport	Radfahren, Langlauf, Jogging auf ebenem Boden einmal wöchentlich
3	Arbeit	leichte körperliche Arbeit (z.B. Krankenschwester)
	Turnier- und Freizeitsport	Schwimmen, Waldspaziergänge
2	Arbeit	leichte körperliche Arbeit Gehen auf unebenem Boden
1	Arbeit	sitzende Tätigkeit Gehen auf ebenem Boden
0	wegen Kniebeschwerden arbeitsunfähig oder berentet	

Sportaktivitäts-Fragebogen nach Salzmann

Nachfolgend ist eine Liste mit 32 häufigen Sportarten abgebildet.

Bitte kreuzen Sie alle Sportarten an, welche Sie derzeit regelmäßig ausüben.

- | | |
|-------------------------------------|--------------------------|
| Nordic Walking | <input type="checkbox"/> |
| Jogging | <input type="checkbox"/> |
| Inline Skating/Skateboarding | <input type="checkbox"/> |
| Bergwandern | <input type="checkbox"/> |
| Bergsteigen/Klettern | <input type="checkbox"/> |
| Radfahren | <input type="checkbox"/> |
| Mountainbiking | <input type="checkbox"/> |
| Schwimmen | <input type="checkbox"/> |
| Fitness-/Krafttraining | <input type="checkbox"/> |
| Aerobic | <input type="checkbox"/> |
| Gymnastik/Turnen | <input type="checkbox"/> |
| Wassergymnastik | <input type="checkbox"/> |
| Alpin Ski | <input type="checkbox"/> |
| Langlauf | <input type="checkbox"/> |
| Snowboard | <input type="checkbox"/> |
| Eishockey | <input type="checkbox"/> |
| Eislauf | <input type="checkbox"/> |
| Golf | <input type="checkbox"/> |
| Tennis Einzel | <input type="checkbox"/> |
| Tennis Doppel | <input type="checkbox"/> |
| Tischtennis | <input type="checkbox"/> |
| Badminton | <input type="checkbox"/> |
| Fußball | <input type="checkbox"/> |
| Handball | <input type="checkbox"/> |
| Basketball | <input type="checkbox"/> |
| Volleyball | <input type="checkbox"/> |
| Kampfsport | <input type="checkbox"/> |
| Reiten | <input type="checkbox"/> |
| Tanzen | <input type="checkbox"/> |
| Segeln | <input type="checkbox"/> |
| Wasserski | <input type="checkbox"/> |
| Rudern | <input type="checkbox"/> |

Häufigkeit von sportlichen Tätigkeiten

Kreuzen Sie bitte an, wie häufig Sie derzeit Sport treiben:

- weniger als 1 mal pro Woche
- 1 mal pro Woche
- 2 mal pro Woche
- 3 mal pro Woche
- 4 mal pro Woche
- 5 mal pro Woche
- 6 mal pro Woche
- 7 mal pro Woche (täglich)

Leistungsniveau von sportlichen Tätigkeiten

Derzeitiges Leistungsniveau:

- Profi
- Amateur mit Teilnahme an Wettkämpfen
- Freizeitsportler
- kein Sport

Sofern Sie die sportlichen Tätigkeiten im Vergleich zu vor der Verletzung eingeschränkt haben, weshalb in erster Linie:

- Beschwerden des Kniegelenks
- Beschwerden an anderen Körperstellen
- Aus anderen Gründen (Familie, Karriere, andere Interessen, etc.)

UNIVERSITÄRE
SPORTORTHOPÄDIE



Sektion Sportorthopädie
des Klinikum rechts der Isar
der Technischen Universität München
Anstalt des öffentlichen Rechts

Sektionsleiter: Prof. Dr. Sebastian Siebenlist, MHBA

Post-OP Fragebogen zur Implantation Ihres
patellofemorale Oberflächenersatzes
(WAVE® - Prothese)

Allgemeine Daten

Name: _____

Vorname: _____

Telefon _____

Email: _____

Adresse _____

Geb. Datum: _____

OP-Datum: _____

Aktueller Gesundheitszustand:

_____ _____ _____
Alter Größe Gewicht

1.) Sind an Ihrem Knie neue Komplikationen oder Verletzungen aufgetreten bzw. wurden Sie nochmals an Ihrem Knie operiert?

Ja Nein

Wenn ja, wann (Datum) und was passierte bzw. was wurde operiert?

2.) Hat sich Ihr allgemeiner Gesundheitszustand (alles außer Ihrem Knie) verschlechtert? Sind spezielle Krankheiten, Komplikationen oder Verletzungen aufgetreten bzw. wurden Sie operiert?

Ja Nein

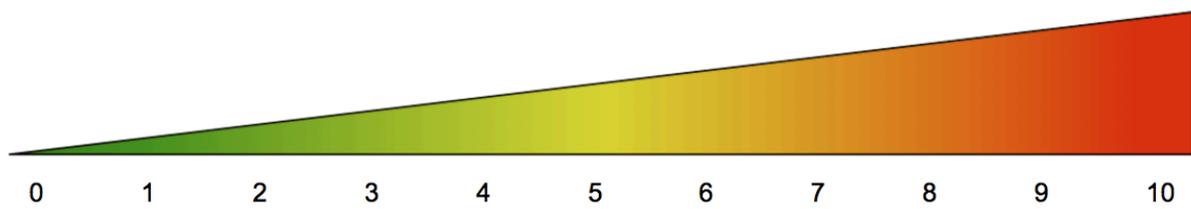
Wenn ja, wann (Datum) und was passierte bzw. was wurde operiert?

VAS

Visuelle Analogskala = subjektive Einschätzung Ihrer aktuellen Schmerzen

Wie stark sind Ihre Schmerzen im Knie zur Zeit?

Bitte kreisen Sie eine Zahl zwischen 0 (keine Schmerzen) und 10 (unerträgliche Schmerzen) ein.



„KOOS“ KNIEFRAGEBOGEN

Datum: ____/____/____ Geburtsdatum: ____/____/____

Patienten Nr: _____

ANLEITUNG: Dieser Ankreuzbogen befragt Sie, welchen Eindruck Sie von Ihrem Knie haben. Die dadurch gewonnene Information wird uns helfen zu überwachen, wie es Ihnen mit Ihrem Knie geht und wie gut Sie in der Lage sind, Ihre üblichen Aktivitäten zu verrichten.

Beantworten Sie bitte jede Frage durch ankreuzen des zugehörigen Kästchens. Bitte nur ein Kästchen pro Frage ankreuzen. Wenn Sie sich unsicher sind, wie Sie die Frage beantworten sollen, wählen Sie die Antwort aus, die Ihnen am zutreffendsten erscheint.

Symptome

Diese Fragen beziehen sich auf Beschwerden von Seiten Ihres Kniegelenkes in der **vergangenen Woche**.

S1. Haben Sie Schwellungen an Ihrem Knie?

niemals selten manchmal oft immer

S2. Fühlen Sie manchmal ein Mahlen, hören Sie manchmal ein Klicken oder irgendein Geräusch, wenn Sie Ihr Knie bewegen?

niemals selten manchmal oft immer

S3. Bleibt Ihr Knie manchmal hängen, oder blockiert es, wenn Sie es bewegen?

niemals selten manchmal oft immer

S4. Können Sie Ihr Knie ganz ausstrecken?

immer oft manchmal selten nie

S5. Können Sie Ihr Knie ganz beugen?

immer oft manchmal selten nie

Steifigkeit

Die nachfolgenden Fragen betreffen die Steifigkeit Ihres Kniegelenkes während der **letzten Woche**. Unter Steifigkeit versteht man ein Gefühl der Einschränkung oder Verlangsamung der Fähigkeit Ihr Kniegelenk zu bewegen.

Für jede der nachfolgenden Aktivitäten sollen Sie das Ausmaß der Schwierigkeiten angeben, welche Sie durch Ihr Kniegelenk innerhalb der letzten Woche erfahren haben.

S6. Wie stark ist Ihre KniestEIFigkeit morgens direkt nach dem Aufstehen?

keine schwach mäßig stark sehr stark

S7. Wie stark ist Ihre KniestEIFigkeit nach dem Sie saßen, lagen, oder sich ausruhten im **Verlauf des Tages**?

keine schwach mäßig stark sehr stark

Schmerzen

P1. Wie oft tut Ihnen Ihr Knie weh?

niemals	monatlich	wöchentlich	täglich	immer
<input type="checkbox"/>				

Wie ausgeprägt waren Ihre Schmerzen in der **vergangenen Woche** als Sie z.B.:

P2. sich im Knie drehen?

keine	schwach	mäßig	stark	sehr stark
<input type="checkbox"/>				

P3. Ihr Knie ganz ausstrecken?

keine	schwach	mäßig	stark	sehr stark
<input type="checkbox"/>				

P4. Ihr Knie ganz beugen?

keine	schwach	mäßig	stark	sehr stark
<input type="checkbox"/>				

P5. auf ebenem Boden gehen?

keine	schwach	mäßig	stark	sehr stark
<input type="checkbox"/>				

P6. Treppen herauf oder heruntergehen?

keine	schwach	mäßig	stark	sehr stark
<input type="checkbox"/>				

P7. nachts im Bett liegen?

keine	schwach	mäßig	stark	sehr stark
<input type="checkbox"/>				

P8. saßen oder lagen, z.B. auf der Couch?

keine	schwach	mäßig	stark	sehr stark
<input type="checkbox"/>				

P9. aufrecht standen?

keine	schwach	mäßig	stark	sehr stark
<input type="checkbox"/>				

Aktivitäten des täglichen Lebens

Die nachfolgenden Fragen beziehen sich auf Ihre körperliche Leistungsfähigkeit. Hierunter verstehen wir Ihre Fähigkeit sich selbständig zu bewegen bzw. sich selbst zu versorgen.

Für jede der nachfolgenden Aktivitäten sollen Sie das Ausmaß der Schwierigkeiten angeben, welche Sie durch Ihr Kniegelenk innerhalb der **letzten Woche** erfahren haben.

Welche Schwierigkeiten hatten Sie **letzte Woche** als Sie z.B.:

A1. Treppen herunterstiegen?

keine	wenig	einige	große	sehr große
<input type="checkbox"/>				

A2. Treppen hinaufstiegen?

keine	wenig	einige	große	sehr große
<input type="checkbox"/>				

A3. vom Sitzen aufstehen?

keine	wenig	einige	große	sehr große
<input type="checkbox"/>				

Welche Schwierigkeiten hatten Sie **letzte Woche** als Sie z.B.:

A4. standen?

keine	wenig	einige	große	sehr große
<input type="checkbox"/>				

A5. sich bückten um z.B. etwas vom Boden aufzuheben?

keine	wenig	einige	große	sehr große
<input type="checkbox"/>				

A6. auf ebenen Boden gingen?

keine	wenig	einige	große	sehr große
<input type="checkbox"/>				

A7. ins Auto ein- oder ausstiegen?

keine	wenig	einige	große	sehr große
<input type="checkbox"/>				

A8. einkaufen gehen?

keine	wenig	einige	große	sehr große
<input type="checkbox"/>				

A9. Strümpfe/Socken anziehen?

keine	wenig	einige	große	sehr große
<input type="checkbox"/>				

A10. vom Bett aufstehen?

keine	wenig	einige	große	sehr große
<input type="checkbox"/>				

A11. Strümpfe/Socken ausziehen?

keine	wenig	einige	große	sehr große
<input type="checkbox"/>				

A12. im Bett liegen und sich drehen, ohne das Knie dabei zu beugen?

keine	wenig	einige	große	sehr große
<input type="checkbox"/>				

A13. in oder aus der Badewanne kommen?

keine	wenig	einige	große	sehr große
<input type="checkbox"/>				

A14. saßen?

keine	wenig	einige	große	sehr große
<input type="checkbox"/>				

A15. sich auf die Toilette setzen oder aufstehen?

keine	wenig	einige	große	sehr große
<input type="checkbox"/>				

A16. schwere Hausarbeit verrichteten (schrubben, Garten umgraben, ...)?

keine	wenig	einige	große	sehr große
<input type="checkbox"/>				

A17. leichte Hausarbeit verrichteten (Staub wischen, kochen, ...)?

keine	wenig	einige	große	sehr große
<input type="checkbox"/>				

Knee and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS), German version LK1.01

Sport und Freizeit

Die nachfolgenden Fragen beziehen sich auf Ihre körperliche Belastbarkeit im Rahmen eher sportlicher Aktivitäten. Für jede der nachfolgenden Aktivitäten sollen Sie das Ausmaß der Schwierigkeiten angeben, welche Sie durch Ihr Kniegelenk innerhalb der **letzten Woche** erfahren haben.

Hatten Sie Schwierigkeiten **letzte Woche** als Sie z.B.:

SP1. in die Hocke gingen?

keine wenig einige große sehr große

SP2. rannten?

keine wenig einige große sehr große

SP3. hüpfen?

keine wenig einige große sehr große

SP4. sich auf Ihrem kranken Knie umdrehen?

keine wenig einige große sehr große

SP5. sich hinknieten?

keine wenig einige große sehr große

Beeinflussung der Lebensqualität durch das betroffene Knie

Q1. Wie oft spüren Sie Ihr erkranktes Knie?

nie monatlich wöchentlich täglich immer

Q2. Haben Sie Ihre Lebensweise verändert um eventuell Ihrem Knie schadende Tätigkeiten zu vermeiden?

nicht wenig etwas stark vollständig

Q3. Wie sehr macht es Ihnen zu schaffen, daß Ihr Knie nicht stabil ist?

gar nicht wenig einiges schlimm sehr schlimm

Q4. Wie würden Sie insgesamt die Schwierigkeiten bewerten die Sie durch das Knie haben?

keine wenig etwas große sehr große

LYSHOLM- Kniescore

Bitte kreuzen Sie die entsprechende Antwortmöglichkeit an. Jeweils **EIN** Kreuz pro Frage!

1. Hinken oder humpeln Sie?

- nie
- wenig oder nur zeitweise
- schwer und ständig

2. Benötigen Sie eine Gehhilfe?

- nein
- Stock oder Krücke
- gehunfähig

3. Treppensteigen?

- problemlos
- etwas erschwert
- langsam, Stufe um Stufe
- unmöglich

4. In die Hocke gehen?

- problemlos
- etwas erschwert
- schwer möglich (nicht über 90°)
- unmöglich

5. Unsicherheitsgefühl im Kniegelenk?

- nie
- selten beim Sport oder schweren Anstrengungen
- häufig beim Sport oder schweren Anstrengungen
- gelegentlich bei Alltagsarbeiten
- oft bei Alltagsarbeiten
- bei jeder Bewegung bzw. jedem Schritt

6. Schmerzen?

- keine
- ab und zu ein wenig bei schwerer Anstrengung
- Auftreten bei Knieunsicherheit
- Auftreten bei schweren Anstrengungen
- Auftreten während oder nach einem Spaziergang von mehr als 2 km Länge
- Auftreten während oder nach einem Spaziergang von weniger als 2 km Länge
- ständig und stark

7. Schwellung des Kniegelenkes?

- keine
- bei Knieunsicherheit
- bei schwerer Anstrengung
- bei leichter Anstrengung
- ständig

8. Muskelschwäche des / der Beine(s)?

- keine
- gering (Oberschenkelumfang 1-2 cm verringert)
- ausgeprägt (Oberschenkelumfang mehr als 2 cm verringert)

Tegner Aktivitäts-Fragebogen - Derzeit

Kreuzen Sie bitte an, welches die anspruchsvollste Tätigkeit ist, die Sie ohne Einschränkungen

derzeit

ausführen können:

10	Nationale oder internationale Turniere	Fußball, Hallen- Ballsport mit Gegnerkontakt (z.B. Handball, Basketball)
9	Nationale oder internationale Turniere	Abfahrtslauf, Hallen- Ballsport ohne Gegnerkontakt (z.B. Squash, Badminton)
	Regionale Turniere	Fußball, Hallen- Ballsport mit Gegnerkontakt
8	Turniersport	Hallen- Ballsport ohne Gegnerkontakt, Eishockey, Abfahrtslauf
7	Turniersport	Tennis, Turnen, Ringen, Leichtathletik
	Freizeitsport	Fußball, Hallen- Ballsport, Querfeldeinlauf, Abfahrtslauf
6	Freizeitsport	Tennis, Leichtathletik, Turnen, Joggen mindestens fünf mal pro Woche
5	Arbeit	schwere körperliche Arbeit (z.B. Bauarbeit, Waldarbeit)
	Turniersport	Radfahren, Langlauf, Rudern
	Freizeitsport	Jogging auf unebenem Boden mind. 2x/Woche
4	Arbeit	mittelschwere körperliche Arbeit (z.B. Lastwagenfahren, Bodenreinigung)
	Freizeitsport	Radfahren, Langlauf, Jogging auf ebenem Boden einmal wöchentlich
3	Arbeit	leichte körperliche Arbeit (z.B. Krankenschwester)
	Turnier- und Freizeitsport	Schwimmen, Waldspaziergänge
2	Arbeit	leichte körperliche Arbeit Gehen auf unebenem Boden
1	Arbeit	sitzende Tätigkeit Gehen auf ebenem Boden
0	wegen Kniebeschwerden arbeitsunfähig oder berentet	

Sportaktivitäts-Fragebogen nach Salzmann

Nachfolgend ist eine Liste mit 32 häufigen Sportarten abgebildet.

Bitte kreuzen Sie alle Sportarten an, welche Sie derzeit regelmäßig ausüben.

- | | |
|-------------------------------------|--------------------------|
| Nordic Walking | <input type="checkbox"/> |
| Jogging | <input type="checkbox"/> |
| Inline Skating/Skateboarding | <input type="checkbox"/> |
| Bergwandern | <input type="checkbox"/> |
| Bergsteigen/Klettern | <input type="checkbox"/> |
| Radfahren | <input type="checkbox"/> |
| Mountainbiking | <input type="checkbox"/> |
| Schwimmen | <input type="checkbox"/> |
| Fitness-/Krafttraining | <input type="checkbox"/> |
| Aerobic | <input type="checkbox"/> |
| Gymnastik/Turnen | <input type="checkbox"/> |
| Wassergymnastik | <input type="checkbox"/> |
| Alpin Ski | <input type="checkbox"/> |
| Langlauf | <input type="checkbox"/> |
| Snowboard | <input type="checkbox"/> |
| Eishockey | <input type="checkbox"/> |
| Eislauf | <input type="checkbox"/> |
| Golf | <input type="checkbox"/> |
| Tennis Einzel | <input type="checkbox"/> |
| Tennis Doppel | <input type="checkbox"/> |
| Tischtennis | <input type="checkbox"/> |
| Badminton | <input type="checkbox"/> |
| Fußball | <input type="checkbox"/> |
| Handball | <input type="checkbox"/> |
| Basketball | <input type="checkbox"/> |
| Volleyball | <input type="checkbox"/> |
| Kampfsport | <input type="checkbox"/> |
| Reiten | <input type="checkbox"/> |
| Tanzen | <input type="checkbox"/> |
| Segeln | <input type="checkbox"/> |
| Wasserski | <input type="checkbox"/> |
| Rudern | <input type="checkbox"/> |

Häufigkeit von sportlichen Tätigkeiten

Kreuzen Sie bitte an, wie häufig Sie derzeit Sport treiben:

- weniger als 1 mal pro Woche
- 1 mal pro Woche
- 2 mal pro Woche
- 3 mal pro Woche
- 4 mal pro Woche
- 5 mal pro Woche
- 6 mal pro Woche
- 7 mal pro Woche (täglich)

Leistungsniveau von sportlichen Tätigkeiten

Derzeitiges Leistungsniveau:

- Profi
- Amateur mit Teilnahme an Wettkämpfen
- Freizeitsportler
- kein Sport

Sofern Sie die sportlichen Tätigkeiten im Vergleich zu vor der Verletzung eingeschränkt haben, weshalb in erster Linie:

- Beschwerden des Kniegelenks
- Beschwerden an anderen Körperstellen
- Aus anderen Gründen (Familie, Karriere, andere Interessen, etc.)

OP-Zufriedenheit

Wie beurteilen Sie den heutigen Zustand Ihres Knies im Vergleich zum Zustand vor der OP?

Verbessert

Gleich

Verschlechtert

Herzlichen Dank für Ihre Mithilfe. Sie unterstützen uns in unserem steten Bemühen, den Wünschen und Ansprüchen von Patienten besser zu genügen!



Technische Universität München · Fakultät für Medizin · Ethikkommission
Grillparzerstraße 16 · 81675 München · Germany



Fakultät für Medizin
Ethikkommission

Herrn
Dipl. Sportwiss. Univ. M. Cotic
Abteilung für Sportorthopädie
am Klinikum rechts der Isar
Technische Universität MÜNchen
Ismaninger Str. 22

81675 München

Prof. Dr.
Georg Schmidt
Vorsitzender

Prof. Dr.
Franz B. Hofmann
Stellvertretender Vorsitzender

Grillparzerstraße 16
81675 München
Germany

29.10.2013
Projektnummer: **355/13** (bitte bei jedem Schriftwechsel angeben)

Tel +49.89.4140.4371
Tel +49.89.4140.7737
Fax +49.89.4140.4199

**Prospective evaluation of anatomic patellofemoral inlay resurfacing:
Clinical, radiographic, and sports-related results after 24 months**

info@ek.med.tum.de
www.ek.med.tum.de

Sehr geehrter Herr Cotic,

die Ethikkommission hat das von Ihnen eingereichte, oben genannte,
Forschungsvorhaben im verkürzten Verfahren abgehandelt.

Zur Begutachtung lag die Beschreibung des Forschungsprojektes vor.

Die Ethikkommission, die sich aus dem Vorsitzenden
Herrn Prof. Dr. G. Schmidt, dem Stellvertretenden Vorsitzenden
Herrn Prof. Dr. F.B. Hofmann und dem Juristen Herrn Dr. Ph. Schloßer
zusammensetzte, kam zu folgendem Votum:

*Die Ethikkommission erhebt keine Einwände gegen das o.g.
Forschungsprojekt.*

Mit freundlichem Gruß

Prof. Dr. G. Schmidt
Vorsitzender

Die Ethikkommission der Fakultät für Medizin der Technischen Universität München arbeitet gemäß den nationalen gesetzlichen Bestimmungen und den ICH-GCP-Richtlinien. Mitteilungen über schwerwiegende oder unerwartete unerwünschte Ereignisse sind mit einer Stellungnahme des Prüfarztes zum Nutzen/Risiko-Verhältnis des Vorhabens einzureichen (§ 40, Abs. 1, Satz 4 AMG). Bei der Einreichung geänderter Unterlagen und bei Amendments sind Änderungen oder Ergänzungen deutlich zu kennzeichnen. Der Prüfarzt sollte die Protokolländerungen (aufgeteilt nach „wesentlichen“ und „nicht wesentlichen“ Änderungen) einzeln auflisten und mitteilen, ob die Änderungen nach seiner Ansicht ethisch relevant sind. Falls erforderlich, ist eine revidierte Patienteninformation/ Einverständniserklärung einzureichen.

8. Veröffentlichungen

Die Forschungsarbeit diente als Grundlage für die Publikation folgender wissenschaftlicher Publikationen:

1. Feucht, M. J., Lutz, P. M., **Ketzer, C.**, Rupp, M. C., Cotic, M., Imhoff, A. B., & Pogorzelski, J. (2020). Preoperative patellofemoral anatomy affects failure rate after isolated patellofemoral inlay arthroplasty. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*, 140:2029-2039
2. Pogorzelski, J., Rupp, M., **Ketzer, C.**, Cotic, M., Lutz, P., Beeck, S., Imhoff, A. B., & Feucht, M. J. (2020). Reliable improvements in participation in Low-Impact sports following implantation of a patellofemoral inlay arthroplasty at mid-term follow-up. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 29:3392–3399

9. Danksagung

Mit großer Freude und Dankbarkeit möchte ich mich an dieser Stelle bei allen bedanken, die mich auf meinem bisherigen akademischen Weg, aber auch darüber hinaus, begleitet und unterstützt haben.

Zunächst möchte ich mich bei Prof. Dr. Andreas Imhoff für die großzügige Bereitstellung des Themas dieser Dissertation sowie die gute Integration in die Arbeitsgruppe der Sektion Sportorthopädie des Klinikums rechts der Isar bedanken.

Ein besonderer Dank gilt auch meinem Doktorvater PD. Dr. med. Jonas Pogorzelski, der mich durch seine außergewöhnlich gute Betreuung, seine umfassende Expertise und seine wertvollen Ratschläge durch alle Phasen dieser Forschungsarbeit begleitet hat. Seine Geduld und Ermutigungen waren für mich von großem Wert.

Einen herzlichen Dank richte ich auch an die Hanns-Seidel Stiftung, die mir durch das Stipendium für Begabtenförderung nicht nur finanzielle Unterstützung zukommen ließ, sondern mir auch die Möglichkeit bot, mich voll und ganz auf meine Forschungsarbeit zu konzentrieren.

Besonders hervorheben möchte ich meinen Vater, dessen Unterstützung und Geduld es mir erst ermöglicht haben, Medizin zu studieren und meinen Traum zu verfolgen. Seine wertvollen Ratschläge und Bekräftigungen waren für mich von großem Wert und haben mich stets motiviert, mein Bestes zu geben. Bei meiner Mutter möchte ich mich ebenso für Ihre bedingungslose Hingabe und Liebe bedanken. Sie hat mir stets geholfen, in schwierigen Situationen die richtigen Entscheidungen zu treffen. Ich bedanke mich auch von Herzen bei meiner Schwester, auf die ich mich immer verlassen kann. Zuletzt möchte ich mich bei meinen Freunden bedanken, die mir die Welt bedeuten.

An dieser Stelle möchte ich noch an die Mitglieder der „Weißen Rose“ gedenken. Ihr Mut bleibt für immer in Erinnerung.