

Aus der Klinik für Orthopädie – Centrum für Muskuloskeletale Chirurgie
der Medizinischen Fakultät Charité – Universitätsmedizin Berlin

DISSERTATION

Die Streckapparatrekonstruktion nach Knie totalendoprothese unter der
Verwendung eines synthetischen Netzes

Extensor mechanism reconstruction after total knee arthroplasty using
a synthetic mesh

zur Erlangung des akademischen Grades
Doctor medicinae (Dr. med.)

vorgelegt der Medizinischen Fakultät
Charité – Universitätsmedizin Berlin

von

Nils Meißner

Datum der Promotion: 30.11.2023

Vorwort

Ergebnisse der vorliegenden Arbeit wurden veröffentlicht in:

M. Fuchs, C. Gwinner, **N. Meißner**, T. Pfitzner, C. Perka, P. von Roth: *Therapy of chronic extensor mechanism deficiency after total knee arthroplasty using a monofilament polypropylene mesh*. Front Surg, 2022. **9**: p. 1000208. Impact Factor 2.568

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	2
Tabellenverzeichnis	5
Abbildungsverzeichnis	6
Abkürzungsverzeichnis	8
Abstract (Deutsch)	9
Abstract (Englisch)	10
1. Einleitung	11
1.1 Anatomie des Streckapparats und Risikofaktoren	11
1.1.1 Risiken der Quadrizepssehnenruptur	14
1.1.2 Risiken der Patellasehnenruptur	14
1.1.3 Risiken der Patellafraktur	14
1.2 Epidemiologie der Streckapparaturruptur	14
1.3 Diagnostik der Streckapparaturruptur	15
1.3.1 Diagnostik der Quadrizepssehnenruptur.....	15
1.3.2 Diagnostik der Patellasehnenruptur	16
1.3.3 Diagnostik der Patellafraktur	17
1.4 Bisherige Therapieansätze nach Streckapparaturruptur	18
1.4.1 Therapie der Quadrizepssehnenruptur	18
1.4.2 Therapie der Patellarsehnenruptur	19
1.4.3 Therapie der Patellafraktur	19
1.5 Die Streckapparatrekonstruktion mittels synthetischen Netzes	20
1.6 Fragestellung	26
2. Material und Methoden	27
2.1 Studiendesign	27
2.2 Studienkollektiv	27
2.3 Erhebungsinstrumente	29
2.3.1 Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score	29
2.3.2 Knee Society Score Function.....	30
2.4 Radiologische Auswertung	31
2.5 Statistische Auswertung	32
3. Ergebnisse	33
3.1 Demographie	33

3.2 Klinische und subjektive Ergebnisse	33
3.2.1 Survivorship und Komplikationen	33
3.2.2 Bewegungsumfänge	35
3.2.3 Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score	36
3.2.4 Knee Society Score Function	37
3.3 Radiologische Ergebnisse	37
4. Diskussion	39
4.1 Klinische und subjektive Ergebnisse	39
4.1.1 Komplikationen und Re-Operationen	39
4.1.2 Bewegungsumfänge	40
4.1.2.1 Extensionsdefizit	40
4.1.2.2 Flexion	41
4.1.3 Patient Reported Outcome Measures	42
4.2 Radiologische Auswertung	43
4.3 Limitationen	44
4.4 Zusammenfassung und Ausblick	45
5. Literaturverzeichnis	47
6. Anlagen	51
Anlage 1: Fragebogen	51
Anlage 2: Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score	54
Anlage 3: Knee Society Score	58
7. Eidesstattliche Versicherung	59
8. Anteilserklärung an etwaigen erfolgten Publikationen	61
9. Lebenslauf	62
10. Publikationsliste	64
11. Danksagung	65
12. Bescheinigung des akkreditierten Statistikers	66

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Erfasste Parameter prä- und postoperativ im Vergleich	29
Tabelle 2: Darstellung der Punkte, welche für die Gehstrecke und das Treppe steigen im Knee Society Score Function vergeben werden.	31
Tabelle 3: Darstellung der Punkte, welche für die Benutzung von Hilfsmitteln im Knee Society Score Function subtrahiert werden.....	31
Tabelle 4: Darstellung der demographischen Daten, sowie des durchschnittlichen Nachuntersuchungszeitraums.....	33
Tabelle 5: Versagensraten der Streckapparatrekonstruktionen nach Arbeitsgruppe, Publikationsjahr und Verfahren sortiert. Das eigene Studienkollektiv ist in den Daten von Fuchs et al. enthalten.	40
Tabelle 6: Postoperatives Extensionsdefizit nach Arbeitsgruppe und Verfahren sortiert; *lediglich für die Patienten mit "zufriedenstellenden" Ergebnissen ein Extensionsdefizit angeben (17/29 Fällen). Das eigene Studienkollektiv ist in den Daten von Fuchs et al. enthalten.	41
Tabelle 7: Postoperative Flexion nach Arbeitsgruppe und Verfahren sortiert. Diaz-Ledezma et al. stellten lediglich Spannweiten Werte für Patienten mit „zufriedenstellenden“ Ergebnissen dar [43] und sind daher als Not Available (Engl. = nicht Verfügbar, N/A) aufgeführt. Brown et al. stellten keine Werte für Flexion in ihrer Arbeit vor und sind daher ebenfalls mit N/A vermerkt [14]. Das eigene Studienkollektiv ist in den Daten von Fuchs et al. enthalten.....	42
Tabelle 8: Patient Reported Outcome Measures nach Arbeitsgruppe und Verfahren sortiert, falls Werte nicht verfügbar sind wurden sie mit „N/A“ vermerkt. Das eigene Studienkollektiv ist in den Daten von Fuchs et al. enthalten.	43
Tabelle 9: Radiologische Indeces nach Arbeitsgruppe und Verfahren sortiert. Falls Werte nicht verfügbar sind wurden sie mit „N/A“ vermerkt. Das eigene Studienkollektiv ist in den Daten von Fuchs et al. enthalten.....	44

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Schematische Zeichnung der Anatomie des Streckapparats. Abbildung modifiziert nach Wurzinger et al. [15].	12
Abbildung 2: Schematische Zeichnung des Kniegelenks mit Darstellung der versorgenden Arterien. Als gestrichelte Linie der mediale parapatellare Zugang eingezeichnet. Abbildung modifiziert nach Abdel et al. [1].	13
Abbildung 3: Seitliches Röntgen eines Patienten. Beim Vorliegen einer Quadrizepssehnenruptur ist hier eine tief stehende Patella (sog. Patella baja) zu identifizieren. Der Blackburne-Peel Index beträgt 0,13.	16
Abbildung 4: Seitliches Röntgen eines Patienten mit einer hochstehenden Patella (sog. Patella alta), bei bestehender Patellarsehnenruptur. Der Blackburne-Peel Index ist hier 1,49.	17
Abbildung 5: Das synthetischen Polypropylen Netz (Marlex Mesh, Firma Bard, Murray Hill, USA) hier nach der Technik nach Browne et al. präpariert [7].	21
Abbildung 6: Schematische Darstellung der chirurgischen Technik. Hier wird die tibiale Aufnahmefläche des Netzes präpariert [1].	22
Abbildung 7: Schematische Darstellung der chirurgischen Technik. Hier wird das Netz in der Tibia einzementiert. Anschließend erfolgt die Fixierung des Netzes mit einer Schraube [1].	22
Abbildung 8: Schematische Darstellung der chirurgischen Technik. Präparation eines Weichteillappens. Dieses dient als mechanischer Schutz des Netzes [1].	23
Abbildung 9: Schematische Darstellung der chirurgischen Technik. Transpositionierung des Netzes zum mechanischen Schutz [1].	23
Abbildung 10: Schematische Darstellung der chirurgischen Technik. Fixierung des Netzes mittels nicht-resorbierbaren Fäden an der Quadrizepssehne [1].	24
Abbildung 11: Schematische Darstellung der chirurgischen Technik. Verschluss der Arthrotomie (links) und Darstellung der Fixierung des Netzes im Weichteilgewebe zwischen Vastus lateralis und Vastus medialis des M. Quadrizeps femoris [1].	24
Abbildung 12: Schematische Darstellung der Datenverarbeitung im Auswahlprozess der Studienpatienten	28
Abbildung 13: Schematische Darstellung der Messmethode nach Blackburne und Peel [35].	32
Abbildung 14: Darstellung der Standzeiten der Streckapparatrekonstruktion mittels synthetischen Netz Kaplan-Meyer-Funktion	34
Abbildung 15: Darstellung der Standzeiten der Streckapparatrekonstruktion mittels synthetischen Netzes als Kaplan-Meyer-Funktion nach Quadrizeps- und Patellarsehnenruptur getrennt	34

Abbildung 16: Extensionsdefizit im Vergleich präoperativ (28° (20°-60°)). und postoperativ (4° (0°-35°; p<0,005)).	35
Abbildung 17: Flexion im Vergleich präoperativ (93° (60°-120°)). und postoperativ (87° (30°-120°); p>0,79).	36
Abbildung 18: Darstellung des Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Gesamtscores, sowie unterteilt nach Subkategorien.	36
Abbildung 19: Knee Society Score Function im Vergleich präoperativ (2±0,9) und postoperativ (37±4,9; p<0,001).	37
Abbildung 20: Darstellung des Blackburne-Peel-Index im Vergleich zwischen präoperativ (0,47 (0,14-0,74)) und postoperativ (0,49 (0,26-0,82)) für Patienten mit Quadrizepssehnenruptur (p=0,76).	38
Abbildung 21: Darstellung des Blackburne-Peel-Index im Vergleich zwischen präoperativ (1,01 (0,12-1,63)) und postoperativ (0,79 (0,29-1,13)) für Patienten mit Patellasehnenruptur (p=0,049).	38

Abkürzungsverzeichnis

Aktivitäten des täglichen Lebens *ADL*

Blackburne-Peel-Index *BPI*

Body-Mass-Index *BMI*

Hohe tibialen Umstellungsosteotomie *HTO*

Insall-Salvati-Index *mISI, ISI*

Instituts für Qualitätssicherung und Transparenz im Gesundheitswesen *IQTIG*

Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score *KOOS*

Knee Society Score für Funktion *fkSS*

Knietotalendoprothese *Knie-TEP*

Lebensqualität *QOL*

Magnetresonanztomographie *MRT*

Patient Reported Outcome Measures *PROMs*

Abstract (Deutsch)

Einleitung: Chronische Läsionen Streckapparats nach Implantation einer Knie-TEP (Knie-TEP) umfassen die der Quadrizeps- oder Patellarsehneruptur. Sie sind seltene und schwerwiegende Komplikationen. Unbehandelt können starke Funktionseinschränkungen oder ein vollständiger Funktionsverlust des Kniegelenkes die Folge sein. Die Verwendung eines synthetischen Netzes (Marlex Mesh, Fa. Bard, Murray Hill, USA) zur Rekonstruktion des Streckapparats kann eine vielversprechende Lösung darstellen. Bei dieser Augmentationstechnik kommt es zur vollständigen bindegewebigen Integration. Ziel der vorliegenden Studie war die Darstellung der Augmentationstechnik und die klinischen und radiologischen Ergebnisse darzulegen.

Patienten, Material und Methoden: Es wurden 18 Patienten mit chronischer Streckapparatläsion bei zuvor implantierter Knie-TEP für diese Studie eingeschlossen. Es erfolgte eine klinische Nachuntersuchung bei 7 Patienten mit Quadrizepssehnenruptur und 11 Patienten mit Patellasehnenruptur. Bei den eingeschlossenen Patienten erfolgte die Augmentation des Streckapparats mit einem synthetischen Netz (Marlex Mesh). Das durchschnittliche Alter betrug zum Operationszeitpunkt 72 Jahre (Spannweite, 61-87 Jahre), der mittlere Body-Mass-Index (BMI) betrug 32,1 kg/m² (Spannweite, 23,4-43,4 kg/m²). Der mittlere Nachuntersuchungszeitraum betrug 13 Monate (Spannweite, 2-31 Monate).

Ergebnisse: Die mittlere Flexion betrug postoperativ 87 Grad (Spannweite, 30-120 Grad). Der Großteil der Patienten (72,2%, 13/18) hatten eine vollständige aktive Extension. Fünf Patienten (27%, 5/18) hatten ein durchschnittliches aktives Extensionsdefizit von 13 Grad (Spannweite, 5-35 Grad). Drei Patienten (16,7%) mussten nach 7, 10 und 14 Monaten revidiert werden und erhielten erneut ein synthetisches Netz. Der durchschnittliche Knee Society Score für Funktion verbesserte sich von 2±0,9 zu 37±4,9 signifikant (p<0,001). Die Differenz vom Blackburne-Peel-Index zu einer Patella norma änderte sich präoperativ von durchschnittlich 0,34 auf 0,21 postoperativ signifikant (p<0,05).

Schlussfolgerung: Die Versagensrate der Streckapparataugmentation mit dem beschriebenen synthetischen Netz beträgt in dieser Kohorte 16,7%. Für alternative Operationsverfahren sind in der Literatur Versagensraten von bis zu 50% publiziert. Die Anwendung des Rekonstruktionsverfahrens mit einem synthetischen Netz stellt eine gute Behandlungsalternative bei chronischen Streckapparaturturen dar.

Abstract (English)

Background: Chronic lesions of the extensor mechanism after total knee arthroplasty include the disruption of the quadriceps and patellar tendon and are rare but devastating complications. If left untreated, they can lead to function loss of the knee joint. The use of a synthetic mesh (Marlex Mesh, C.R. Bard, Murray Hill, New Jersey, USA) for augmentation of the extensor mechanism is a promising approach. The synthetic mesh used in this study induces a fibrotic healing response in and around the mesh. The aim of this study was to show an alternative treatment option and evaluate the clinical and radiological results.

Patients, materials and methods: Eighteen patients with chronic extensor mechanism lesions due to patellar or quadriceps tendon tears after total knee arthroplasty were included in this study. Clinical and radiological results were available for 7 patients with a torn quadriceps tendon and 11 patients with a patellar tendon tear. All patients underwent reconstruction of the extensor mechanism using a monofilament polypropylene mesh (Marlex Mesh). The mean age was 72 years (range, 61-87 years) and the mean BMI was 32.1kg/m² (range, 23.4-43.4 kg/m²). Follow-up data was available for all patients at a mean of 13 months (range 2-31 months).

Results: The mean postoperative flexion was 87 degrees (range, 30-120 degrees). Most patients (72.2%, 13/18) had no extension lag. Five patients (27%, 5/18) reported a mean extension lag of 13 degrees (range, 5-35°). Three patients (16.7%) had to undergo revision surgery after 7, 10, and 14 months. They were ultimately treated with a synthetic mesh again. The mean Knee Society Function Score improved from 2±0.9 to 37±4.9 significantly ((p<0.001). The mean difference in Blackburne-Peel-Index to patella norma changed from preoperative 0.34 to 0.21 preoperative significantly (p<0.05).

Conclusion: The failure rate after augmentation of the extensor mechanism using a synthetic mesh was 16.7% in this study. For alternative treatment options (i.e. allograft) failure rates up to 50% are published in the literature. This treatment option is a good alternative to existing procedures in patients with chronic ruptures of the quadriceps and patellar tendon.

1. Einleitung

Bei Erwachsenen stellt die Arthrose weltweit und in Deutschland die häufigste Gelenkerkrankung dar [2-4]. Nach Ausschöpfung von konservativen Therapiemöglichkeiten bietet die Implantation einer Knieendoprothese eine operative Therapiemöglichkeit. Nach Zahlen aus dem Qualitätsreport des Instituts für Qualitätssicherung und Transparenz im Gesundheitswesen (IQTIG) wurden 2019 etwa 450.000 Knie- und Hüftgelenksendoprothesen in Deutschland implantiert [5]. 170.000 von 450.000 implantierten Endoprothesen waren elektive Knieendoprothesen-Erstimplantationen [5]. Hiervon entfallen ca. 147.000 auf die Implantation von Knie-TEP [5]. Die Implantation einer Knie-TEP birgt Risiken. Zu bekannten den Komplikationen, die bei und nach Implantation einer Knie-TEP auftreten können, zählen allergische Reaktionen, Thrombosen oder Nachblutungen. Außerdem besteht das Risiko einer periprothetischen Knie-TEP Infektion, Verletzung von Weichteilstrukturen und Heilungsstörungen des umliegenden Gewebes.

Eine weitere, jedoch seltene und schwerwiegende Komplikation der Knie-TEP stellt die Verletzung des Streckapparats dar [1, 6, 7]. In der Literatur ist die Inzidenz der Streckapparatverletzung nach Implantation einer Knie-TEP mit 0,1-35% beschrieben [8-12]. Man unterscheidet hierbei zwischen einer Ruptur der Quadrizepssehne, der Patellasehne, sowie der Patellafraktur. Unbehandelt führen diese Verletzungen zu starken Funktionseinschränkungen des Kniegelenks [13, 14]. Beschwerden umfassen ein aktives Streckdefizit des Knies, Schmerzen, Verminderung des Bewegungsumfangs, Schwierigkeiten beim Laufen und folglich Häufung von Sturzereignissen [1].

1.1 Anatomie des Streckapparats und Risikofaktoren

Der Streckapparat des Kniegelenks besteht aus dem Musculus Quadrizeps femoris, der Quadrizepssehne, der Patella, den medialen und lateralen Retinacula, der Patellarsehne, sowie der

Tuberositas tibiae [1]. In Abbildung 1 sind die wichtigsten Strukturen des Streckapparats dargestellt.

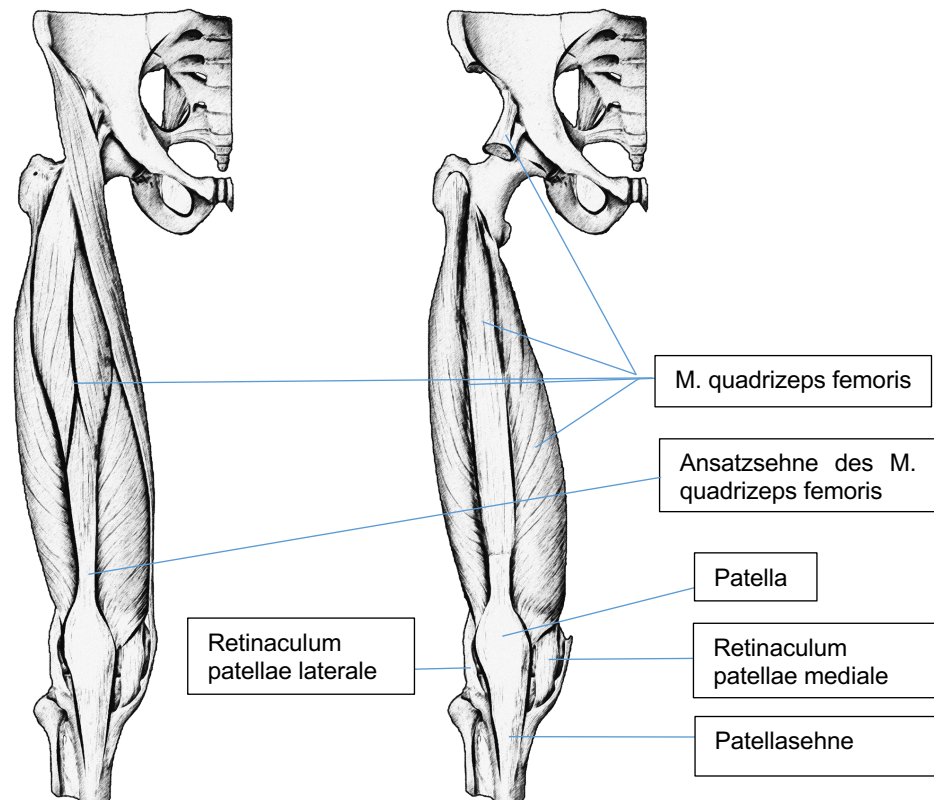


Abbildung 1: Schematische Zeichnung der Anatomie des Streckapparats. Abbildung modifiziert nach Wurzinger et al. [15].

Bei der genauen anatomischen Kenntnis des Kniegelenks, ist insbesondere auch die Kenntnis über die arterielle Blutversorgung des Streckapparates entscheidend für das perioperative Weichteilmanagement und die postoperative Durchblutung des Streckapparats. Je nach operativem Zugangsweg bei der Implantation einer Knie totalendoprothese kann die Durchblutungssituation negativ beeinflusst und das Risiko für eine Streckapparaturruptur gesteigert werden [1, 9, 16]. Die Blutversorgung erfolgt über die Arteria genicularis descendens, über die Aa. superior und inferior genus sowie die A. recurrens tibialis anterior, welche in Abbildung 2 schematisch dargestellt ist. Diese bilden zusammen das Kniegelenksgeflecht (Rete articulare genus).

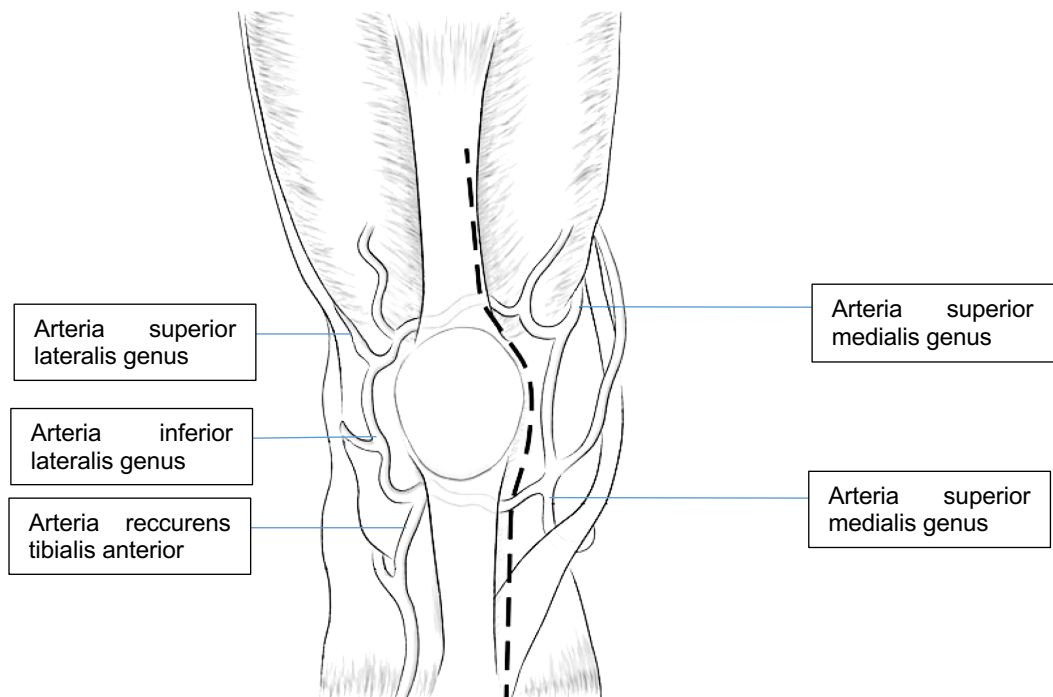


Abbildung 2: Schematische Zeichnung des Kniegelenks mit Darstellung der versorgenden Arterien. Als gestrichelte Linie der mediale parapatellare Zugang eingezeichnet. Abbildung modifiziert nach Abdel et al. [1].

Der mediale parapatellare Zugang stellt derzeit den Standardzugang in der Primärendoprothetik dar [17] (Abbildung 2). Je nach proximalen Präparationsausmaß kann die mediale Blutversorgung der Quadrizepssehne dabei komplett unterbrochen [Abbildung 2]. Außerdem kann es durch die Resektion des lateralen Meniskus und die damit potenziell einhergehend unterbrochene Blutversorgung durch die A. inferior lateralis genus zu einer Minderversorgung des Streckapparates kommen. Korrelierend kann je nach Resektionsausmaß des Hoffa-Fettkörpers die Blutversorgung über die A. recurrens tibialis anterior unterbrochen sein [18, 19]. Des Weiteren kann ein ausgedehntes laterales Release zur Verletzung der A. superior lateralis genus und somit negativer Beeinflussung der Durchblutungssituation des Streckapparates führen [16].

Eine Patella baja (Patellatiefstand) gilt als ein weiterer Risikofaktor für die Schädigung des Streckapparates, da hierdurch operative Darstellung und Implantation der Prothese erschwert wird [1]. Ebenso können durch Voroperationen, wie der hohen tibialen Umstellungsosteotomie (HTO) und infolgedessen erschwerte Darstellung bei der Knie-TEP Implantation das Verletzungsrisiko des Streckapparates steigern [19].

Revisionseingriffe nach Knie-TEP, wie z.B. Knie-TEP Wechseloperationen bei periprothetischer Knie-TEP Infektion, zählen ebenfalls zu den Risikofaktoren einer Streckapparaturruptur [20].

In der Literatur werden weitere patientenspezifische Risikofaktoren genannt. Hierzu zählen systemische Grunderkrankungen wie Adipositas, Rheumatoide Arthritis, Diabetes mellitus sowie

Hyperthyreose, chronischer Corticosteroidgebrauch bzw. mehrere Corticosteroidinjektion [19, 21-23].

Neben diesen allgemeinen Risikofaktoren gibt es jeweils spezifische Risiken je nach Lokalisation der Streckapparatverletzung:

1.1.1 Risiken der Quadrizepssehnenruptur

Für die Quadrizepssehnenruptur gilt insbesondere eine ausgeprägte Patellaresektion bei Retropatellarersatz, sowie ein durchgeführter Quadrizeps-Snip und das Patella-turn down als Risikofaktor [8, 24]. Diese Techniken kommen insbesondere bei Revisionsoperationen zum Einsatz.

1.1.2 Risiken der Patellasehnenruptur

Als Risikofaktor für die Patellasehnenruptur wird zusätzlich noch eine ausgeprägte präoperative Bewegungseinschränkung beschrieben [19]. Hierbei kann es durch die erschwerte Darstellung bereits intraoperativ zu einer Verletzung der Patellasehne kommen [1]. Für postoperativ aufgetretene Rupturen gilt ein Sturz auf das hyperflektierte Knie als häufigste Ursache [1]. Außerdem werden atraumatische Rupturen beschrieben, wenn es zum Inlaykonflikt der Patellasehne mit dem tibialen Inlay kommt [9].

1.1.3 Risiken der Patellafraktur

Als Ursachen für das Auftreten einer periprothetischen Patellafraktur werden neben den allgemein gültigen Risikofaktoren, vor allem die übermäßige Resektion bei der Durchführung eines Retropatellarersatzes genannt (unter 10-15 mm verbleibende Knochendicke) [25-27]. Außerdem kann durch eine vorhandene Fehlrotation oder ein Malalignment das Frakturrisiko gesteigert sein [28, 29]. Patellafrakturen entstehen dabei zumeist durch ein Anpralltrauma oder durch eine chronische Überlastung des Streckapparats [1].

1.2 Epidemiologie der Streckapparaturruptur

Die Prävalenz der Verletzung des Streckapparats nach Implantation einer Knieendoprothese wird der Literatur mit 0,1-35% beschrieben [8-12]. Dieses umfasst die Gesamtheit der Verletzungen des Streckapparats, also neben Quadrizeps- und Patellarsehnenruptur, auch die Patellafraktur, patellofemorale Instabilität oder eine Osteonekrose der Patella [9]. Für die Quadrizepssehnenruptur nach Knie-TEP beschrieben Dobbs et al. eine Prävalenz von 0,1%,

welche sich aus dem Kollektiv von 23800 Knie-TEP aus dem Register der Mayo Clinic in Rochester ableitet [24]. Die Patellarsehnenruptur nach Knie-TEP wird variierend mit 0,17% [1] bis 1,4% [11] beschrieben. Die Prävalenz der periprothetischen Patellafraktur nach Implantation einer Knie-TEP liegt bei 1-5%[30-33].

Bates et. al. wiesen jedoch darauf hin, dass die reale Inzidenz der Streckapparaturruptur nach Knie-TEP möglicherweise noch höher liege als in der Literatur berichtet, da viele nationale Register nicht über diese Verletzung berichten [13].

1.3 Diagnostik der Streckapparaturruptur

Zur Diagnostik der Streckapparaturruptur ist die Anamnese, die körperliche Untersuchung und bildgebende Verfahren entscheidend. Die Anamnese kann dabei Aufschluss über die Chronizität der Ruptur und ein mögliches Trauma geben. In der klinischen Untersuchung präsentiert sich die Streckapparaturruptur mit Schmerzen und Schwellung im betroffenen Kniegelenk. Außerdem ist die aktive Extension meist eingeschränkt und palpatorisch ein Weichteildefekt je nach Lokalisation der Streckapparaturruptur festzustellen [1, 19]. Es ist dabei zwischen der Lokalisation der Streckapparaturruptur und der entsprechenden Symptomatik sowie den Diagnoseinstrumenten zu unterscheiden.

1.3.1 Diagnostik der Quadrizepssehnenruptur

In der körperlichen Untersuchung kann bei Rupturen der Quadrizepssehne ein Weichteildefekt am kranialen Patellarpol tastbar sein. Klinisch besteht ein aktives Extensionsdefizit des Kniegelenks, sowie die Unfähigkeit des gestreckten Beins aktiv anzuheben [1, 19, 34]. Ein adäquates Trauma in der Anamnese ist hierbei nicht immer festzustellen [24]. Daher ist bei der Erhebung der Anamnese schon auf die Erfassung möglicher Risikofaktoren (siehe Kapitel 1.1) zu achten.

Außerdem bietet die röntgenologische Darstellung die Möglichkeit den Stand der Patella zu beurteilen. Hierbei imponiert im konventionellen Röntgen eine Patella baja, also ein Patellatiefstand (siehe Abbildung 4).

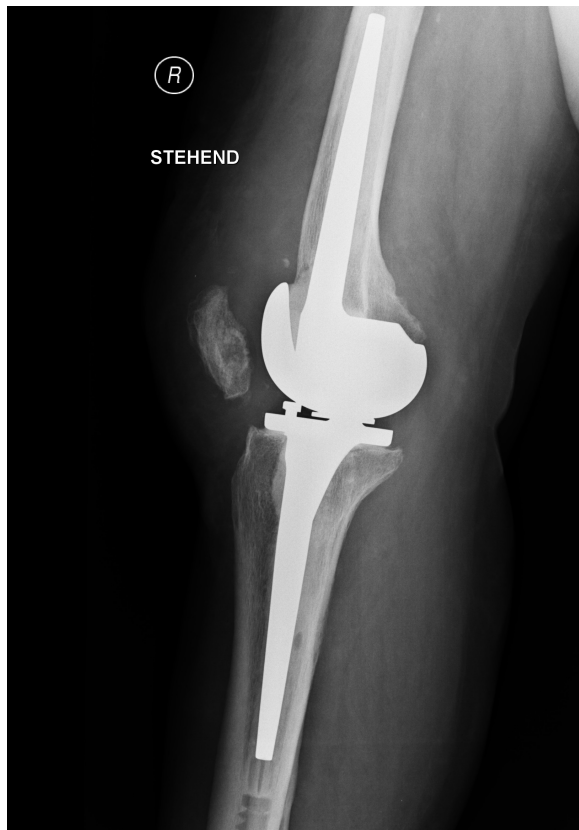


Abbildung 3: Seitliches Röntgen eines Patienten. Beim Vorliegen einer Quadrizepssehnenruptur ist hier eine tief stehende Patella (sog. Patella baja) zu identifizieren. Der Blackburne-Peel Index beträgt 0,13.

Eine Verlaufsbeurteilung des Patellastandes kann dann anhand bekannter Indeces, wie z.B. dem Blackburne-Peel-Index (BPI) (2.4 Radiologische Auswertung) oder dem Insall-Salvati-Index (ISI) bzw. dem modifizierten Insall-Salvati-Index (mISI) erfolgen [35, 36].

Neben den klinischen Untersuchungsmöglichkeiten und dem konventionellen Röntgen bietet die Ultraschalluntersuchung eine weitere Möglichkeit das Ausmaß der Defektstrecke darzustellen [34].

Wenn die Diagnose durch die klinische Untersuchung oder die konventionelle Röntgendiagnostik nicht gesichert werden kann, bietet die Magnetresonanztomographie (MRT) eine weitere Möglichkeit zur Sicherung der Diagnose [19]. Hierbei imponiert häufig ein Ödem im M. quadrizeps femoris, sowie im proximalen Patellapol. So lässt sich zwischen kompletten und inkompletten Rupturen unterscheiden. Des Weiteren können die Retinacula patellae [Abbildung 1] beurteilt werden, welche als Reservestreckapparat dienen können und ggf. bei der Therapieentscheidung mitentscheidend sein.

1.3.2 Diagnostik der Patellasehnenruptur

Bei der Diagnostik der Patellasehnenruptur präsentiert sich in der klinischen Untersuchung ein tastbarer Defekt infrapatellar. Das klinische Beschwerdebild entspricht weitestgehend dem der

Quadrizepssehnenruptur mit Schmerzen, Schwellung, sowie ein aktives Extensionsdefizit und die Unfähigkeit das gestreckte Bein anzuheben [19].

Radiologisch zeigt sich bei Ruptur der Patellarsehne typischerweise eine Patella alta, also ein Patellahochstand [Abbildung 4]. Dieses kann mit einem der oben genannten Indeces, wie beispielsweise dem BPI, klassifiziert werden [35] (siehe Kapitel 2.4).



Abbildung 4: Seitliches Röntgen eines Patienten mit einer hochstehenden Patella (sog. Patella alta), bei bestehender Patellarsehnenruptur. Der Blackburne-Peel Index ist hier 1,49.

Unterstützend kann ebenso wie bei Quadrizepssehnenrupturen ein MRT oder die Sonographie weiteren Aufschluss über die bestehende Weichteilsituation geben [19].

1.3.3 Diagnostik der Patellafraktur

Neben traumatischen Patellafrakturen, werden ebenso Stressfrakturen in der Literatur beschrieben [37]. Patienten klagen über einen vorderen Knieschmerz mit einem begleitenden Kniegelenkserguss. Sofern der Reservestreckapparat nicht verletzt ist, ist die eingeschränkte aktive Streckung möglich. Kommt es jedoch zusätzlich zu einer Ruptur der Retinacula patellae können die Patienten nicht mehr aktiv im Kniegelenk strecken [1, 19].

Typischerweise lassen sich periprotetische Patellafrakturen im konventionellen Röntgen (anterior-posterior / lateral) detektieren [19, 38]. Zur weiteren Frakturbeurteilung oder bei Vermutung von Begleitverletzungen kann eine Computertomographie weiteren Aufschluss bieten [38].

1.4 Bisherige Therapieansätze nach Streckapparaturruptur

Die Therapieoptionen der Streckapparaturruptur umfassen sowohl konservative als auch operative Verfahren [39]. Dabei richtet sich die Art der Therapie zum einem nach dem Ausmaß der Verletzung des Streckapparats (komplette Ruptur vs. Teilruptur), dem Ort der Verletzung (Quadrizeps- oder Patellarsehne bzw. Patellafraktur), der Chronizität der Ruptur (akute vs. chronische Ruptur), sowie der Qualität des verbliebenen Gewebes [1, 40]. Im Folgenden werden die bisherigen Therapieansätze nach Lokalisation der Ruptur beschrieben und dabei auf das Verletzungsausmaß, sowie die Chronizität der Ruptur eingegangen.

1.4.1 Therapie der Quadrizepssehnenruptur

Die konservative Therapie ist beim Zugrundeliegen von schweren Nebenerkrankungen und Vorliegen einer Partialruptur der Quadrizepssehne möglich [24]. Hierbei sollte jedoch das aktive Extensionsdefizit im betroffenen Kniegelenk unter 20° liegen [24, 39].

Bei einem Patienten mit einer akuten Komplettruptur der Sehne des M. Quadrizeps femoris ohne Erhalt des Reservestreckapparats zeigte sich hingegen bei einem konservativen Therapieregime kein gutes Ergebnis in dem Kollektiv von Dobbs et al. [24]. Nach dem Therapiealgorithmus von Thiele et al. ist bei einem aktiven Extensionsdefizit von >20° von einer konservativen Therapie abzusehen [6]. Bei einem Patienten welcher auf Grund seiner vorliegenden Nebenerkrankungen nicht operativ versorgt werden konnte, beschrieben die Autoren im Kollektiv von Dobbs et al. den völligen Verlust der aktiven Streckung bei einem Bewegungsausmaß von (Extension/Flexion) 0-30-110° [24].

Bei Patienten mit kompletten Rupturen besteht eine Operationsindikation [6]. Hierbei ist festzuhalten, dass bei akuten Rupturen, die operative Versorgung möglichst zeitnah zum Rupturgeschehen erfolgen sollte. Ansonsten kann es zu einer vermehrten Weichteilretraktion kommen und die Versorgung so erschwert werden [39]. Falls möglich können hier Primärnahtverfahren mittels Fadenankersystem und transossären Nähten mit nicht-resorbierbaren Fäden ohne Augmentation erfolgen. Diese kommen insbesondere bei patellanahen akuten Avulsionsrupturen bzw. akuten intratendinösen Rupturen zum Einsatz [24, 41]. Da bei chronischen Rupturen die Defektstrecke zumeist sehr groß und die Weichteilverhältnisse auf Grund der Chronizität meist schlecht sind, haben sich vor allem Allograft und synthetische Netze für diese Rupturen in den vergangenen Jahren etabliert [7, 14, 40, 42-47].

1.4.2 Therapie der Patellarsehnenruptur

Konservative Verfahren sind vor allem bei multimorbiden Patienten bzw. Patienten mit schwerwiegenden Nebenerkrankungen, sowie wenig aktiven Patienten in Betracht zu ziehen [7]. Hierbei ist die strikte Ruhigstellung in 0°-Stellung anzustreben. Es zeigten sich laut Literatur insgesamt jedoch unzufriedenstellende klinische Ergebnisse [7].

Operative Verfahren umfassen Fadenankersysteme und die Primärnaht mit transossärer Fixation für akute Patellarsehnenrupturen. Für chronische Komplettrupturen zeigen diese Primärnahtverfahren jedoch keine guten Ergebnisse und wurden daher weitestgehend verlassen [7, 11, 12]. Hier sind in der Literatur diverse alternative Therapieverfahren beschrieben. Auf Grund der Retraktion der Sehnenstümpfe bei länger bestehenden Rupturen empfiehlt es sich hier äquivalent zur Quadrizepssehnenruptur auf Augmentationsverfahren zurückzugreifen [7]. Neben der autologen Achillessehnen-schwenkplastik, ist in der Literatur die Verwendung von autologen Sehnen der Hamstrings, fresh-frozen oder gefriergetrocknete Achillessehnen mit Knochenblöcken und Streckapparat-Allografts beschrieben [7, 48]. Hier ist je nach Zustand des verbliebenen Gewebes und den begleitenden Verletzungen wie beispielsweise einer Patellafraktur das Allograft zu wählen. Die Arbeitsgruppe um Baldini beschreibt außerdem die Verwendung eines Achillessehnenallografts bei chronischen Patellarsehnenrupturen [48].

Bei der Wahl der Therapie der Patellarsehnenruptur nach Knie-TEP ist die Chronizität und die Qualität des verbliebenen Gewebes mitbestimmend. Hinzu ist des Weiteren das Aktivitätslevel, der Patienten mit in Betracht zu ziehen [1].

1.4.3 Therapie der Patellafraktur

Die Therapie der Patellafraktur richtet sich vor allem nach der Lokalisation der Fraktur, sowie der Gesamtintegrität des Streckapparats. Des Weiteren sind vor allem Knochenqualität und ggf. ein vorhandener Retropatellarersatz bei der Therapiewahl zu berücksichtigen [1, 19]. Als Handlungsempfehlung bietet der Therapiealgorithmus nach Parker et al. Hilfe bei der Therapieentscheidung [1, 19].

Die konservative Therapie umfasst hier vor allem die Immobilisation mittels Ruhigstellungsschiene für mehrere Wochen und ist bei vertikalen Frakturen möglich [49].

Bei horizontalen Frakturen sollte dieses Therapieregime vor allem bei asymptomatischen nichtdislozierten Frakturen (ohne Extensionsdefizit) verfolgt werden [38, 49]. Ortiguera und Berry zeigten hier bei einer Kohorte von insgesamt 37 Patienten nach periprothetischer Patellarfraktur und fest sitzendem Implantat, sowie festem Streckapparat insgesamt gute Ergebnisse, mit lediglich einem Versager [32].

Bei Vorliegen einer Dislokation der Knochenfragmente ist laut Literatur eine osteosynthetische Versorgung mittels Zuggurtungs- bzw. Schraubenosetosynthese angeraten. Sollte ein Retropatellarersatz vorhanden sein, ist dieser entsprechend vor Frakturposition zu entfernen und bei ausreichender Restknochenqualität durch einen neuen Retropatellarersatz zu ersetzen [50].

Bei Frakturen der Patellar im Sinne einer Avulsionsfraktur sind diese proximal entsprechend einer Quadrizepssehnenruptur und distal einer Patellarsehnenruptur zu behandeln [49].

Besteht die Gefahr einer Fragmentdislokation durch Flexion des Kniegelenkes bis 75° ist ggf. Augmentation (Allograft oder synthetisches Netz) nötig [38, 49].

Postoperativ sollte nach Ausmaß der Verletzung eine Immobilisation des operierten Kniegelenkes mittels Streckeschiene erfolgen [49].

1.5 Die Streckapparatrekonstruktion mittels synthetischen Netzes

Die Operationstechnik der Streckapparatrekonstruktion mit einem synthetischen Netz (Marlex Mesh) wurde erstmals durch die Forschungsgruppe um Browne und Hannssen beschrieben [7]. Präoperativ sollte eine periprothetische Infektion ausgeschlossen werden [1]. Zur Verwendung kommt ein synthetisches Polypropylen Netz der Firma Bard (Murray Hill, New Jersey, USA). Es bemisst 25,4cm x 35,6 cm und wird entsprechend der Technik nach Browne und Hanssen für die Implantation vorbereitet. Hierzu wird das Netz zunächst zu einem Zylinder aufgerollt und anschließend mit den nicht resorbierbaren Fäden fixiert [Abbildung 5][7].

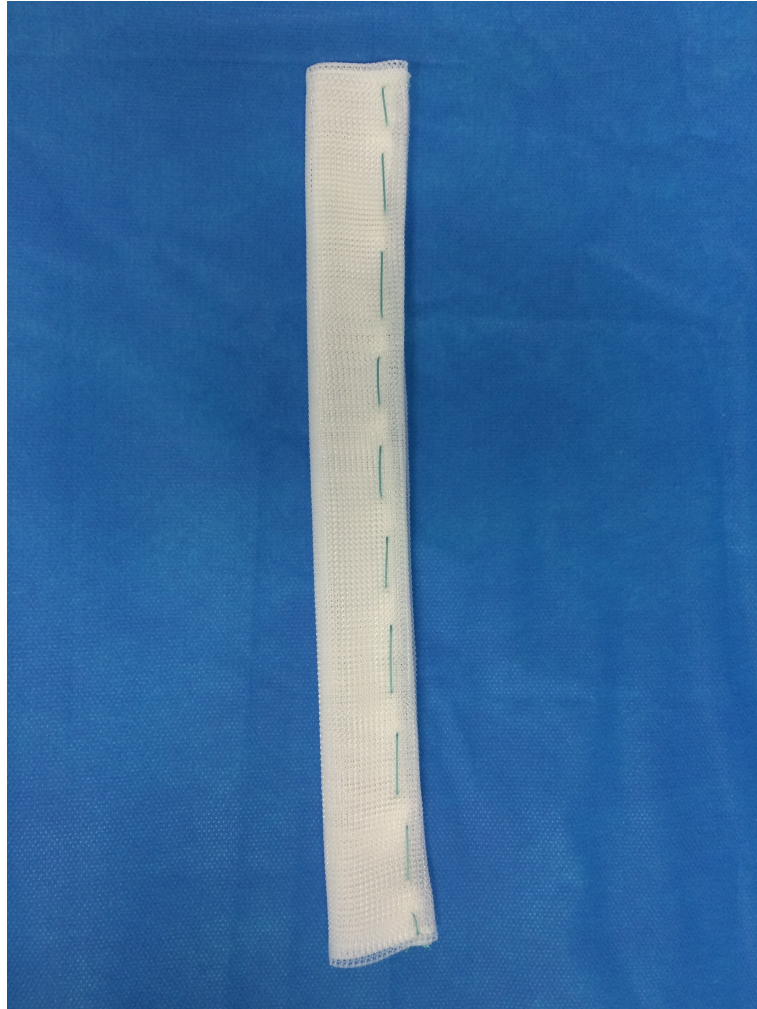


Abbildung 5: Das synthetischen Polypropylen Netz (Marlex Mesh, Firma Bard, Murray Hill, USA) hier nach der Technik nach Browne et al. präpariert [7].

Anschließend wird im anteromedialen Tibiaplateau (Tuberositas tibiae) ein Kanal präpariert, welcher als distale Aufnahmestelle des Netzes fungiert [Abbildung 6].

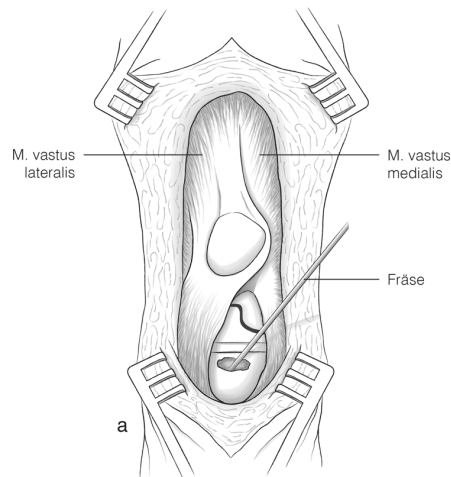


Abbildung 6: Schematische Darstellung der chirurgischen Technik. Hier wird die tibiale Aufnahmefläche des Netzes präpariert [1].

Hierbei sollte auf eine ausreichende breite des präparierten Kanals geachtet werden, sodass es nicht zu Falten im Netz kommt.

Im nächsten Schritt erfolgt die Sicherung des distalen Endes des Netzes mittels Knochenzement. Nach Aushärten dieses, sollte eine Spongiosaschraube mit 4,5- oder 6,5mm-Durchmesser zur weiteren Sicherung des Netzes entsprechend Abbildung 7 implantiert werden.

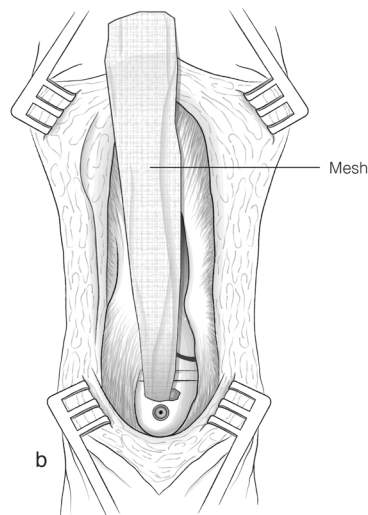


Abbildung 7: Schematische Darstellung der chirurgischen Technik. Hier wird das Netz in der Tibia einzementiert. Anschließend erfolgt die Fixierung des Netzes mit einer Schraube [1].

Um zu verhindern, dass die tibiale Prothesenkomponente oder das Inlay Kontakt zum Netz hat ist es nötig einen gestielten Weichteillappen zu präparieren. Dieser sollte aus dem lateralen Rezessus

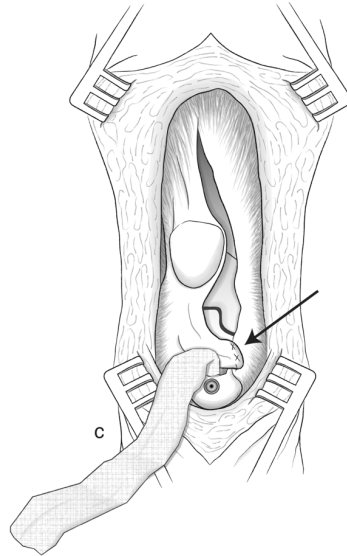


Abbildung 8: Schematische Darstellung der chirurgischen Technik. Präparation eines Weichteillappens. Dieses dient als mechanischer Schutz des Netzes [1].

mobilisiert und anschließend zwischen Netz und Tibiaplateau platziert werden. Somit soll der Verschleiß des Netzes und zusätzlicher Abrieb verhindert werden (Abbildung 8).

Im Anschluss erfolgt die Transpositionierung des Netzes durch einen Kanal (Abbildung 9), lateral der verbliebenen Patellarsehne. Anschließend erfolgt die Positionierung nach anterior und proximal.

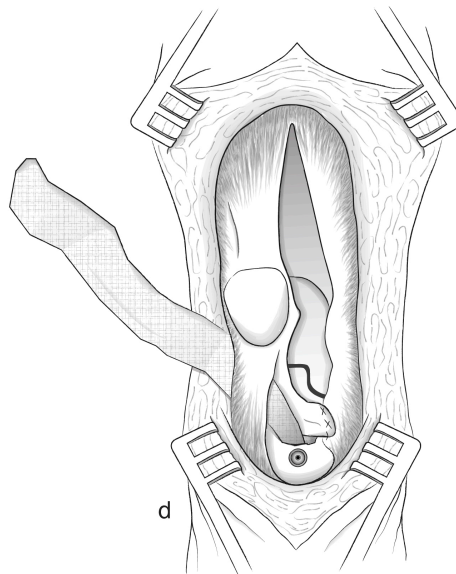


Abbildung 9: Schematische Darstellung der chirurgischen Technik. Transpositionierung des Netzes zum mechanischen Schutz [1].

Nach Einstellung der richtigen Patellahöhe erfolgt die Fixierung des Netzes in Vollstreckung des Beines. Hierbei wird das Netz mittels nicht resorbierbarer Fäden an der Quadrizepssehne fixiert (Abbildung 10).

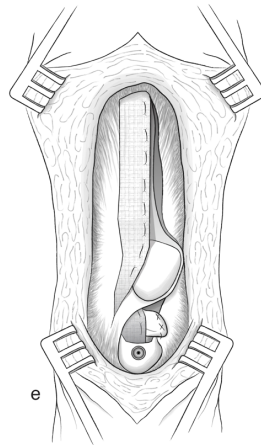


Abbildung 10: Schematische Darstellung der chirurgischen Technik. Fixierung des Netzes mittels nicht-resorbierbaren Fäden an der Quadrizepssehne [1].

Abschließend wird der M. vastus medialis in der abgebildeten Technik an den lateralen Rand des Netzes gelegt und mit nicht resorbierbaren Fäden fixiert (Abbildung 11).

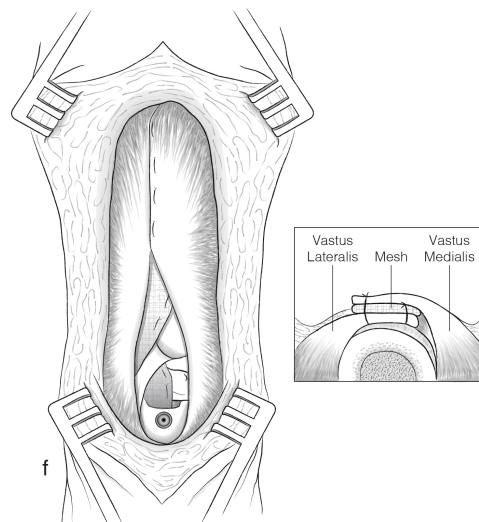


Abbildung 11: Schematische Darstellung der chirurgischen Technik. Verschluss der Arthrotomie (links) und Darstellung der Fixierung des Netzes im Weichteilgewebe zwischen Vastus lateralis und Vastus medialis des M. Quadrizeps femoris [1].

Mit dem Verschluss der Arthrotomie wird die Operation beendet. Bei der Rekonstruktion mittels synthetischen Netzes verspricht man sich im Gegensatz zu anderen Verfahren die komplette

bindegewebige Durchbauung [7, 44, 51]. Hier bietet das gewebte monofilamentäre Netz die Basis für das Einwachsen des Weichteilgewebes des Patienten. Es resultiert die Durchbauung des Netzes mit Kollagenfasern, welches normalem Bandgewebe sehr nahe kommt [52]. In einem Tiermodell zeigte sich bereits nach 8 Wochen fibrinöses Gewebe und nach 12 Wochen bereits eine deutliche Fibrosierung [53]. Zuvor erfolgte die Verwendung des Netzes in der Allgemeinchirurgie beispielsweise bei Leistenhernienplastiken [51].

1.6 Fragestellung

Chronische Komplettrupturen des Streckapparats sind ein schwerwiegendes Krankheitsbild. Unbehandelt führen Sie zu einem weitestgehenden Funktionsverlust des Knies. In der Literatur werden diverse Techniken beschrieben, um diese schwerwiegende Komplikation zu therapieren [6, 13, 14, 40, 45, 54-56]. Hohe Versagensraten dieser Techniken führten zur Evaluation alternativer Verfahren. Die Verwendung eines synthetischen Netzes stellt eine weitere Alternative zur Therapie der chronischen Ruptur von Patellar- oder Quadrizepssehne dar.

Das Ziel der vorliegenden Studie ist ein alternatives Behandlungsverfahren mit der Streckapparatrekonstruktion mittels eines synthetischen Netzes (Marlex Mesh) aufzuzeigen und die klinischen und radiologischen Ergebnisse von Patienten mit chronischer Streckapparatraktur darzulegen.

2. Material und Methoden

2.1 Studiendesign

Die Durchführung der vorliegenden Studie wurde von der Ethikkommission der Charité-Universitätsmedizin Berlin unter der Antragsnummer EA1/035/17 bewilligt.

Retrospektiv wurden die klinischen sowie die radiologischen Ergebnisse der Streckapparatrekonstruktion unter der Verwendung des synthetischen Netzes erfasst und ausgewertet.

2.2 Studienkollektiv

Im Rahmen der vorliegenden Studie wurden zunächst alle Patienten identifiziert bei denen im Zeitraum von Juli 2014 bis Dezember 2017 in der Klinik für Orthopädie – Centrum für Muskuloskeletale Chirurgie der Medizinischen Fakultät Charité folgende Kriterien erfüllt waren:

- Quadrizeps- oder Patellarsehnenruptur
- Einliegende Knie-TEP oder temporäre Arthrodesen (bei Zustand nach Knie-TEP Explantation)
- Geplante Augmentation mittels synthetischen Netzes (Marlex Mesh).

Die Identifikation der Patienten erfolgte anhand des krankenhausinternen Informationssystems SAP der Charité-Universitätsmedizin Berlin unter der Durchsicht der OP-Bücher im Betrachtungszeitraum. So konnten 24 Fälle ermittelt werden. Bei allen 24 Fällen erfolgte letztendlich die Streckapparatrekonstruktion mittels eines synthetischen Netzes.

Diese 24 Patienten wurden kontaktiert und über die Studie, ihren Aufbau und die Ziele informiert. Neben den Studieninformationen enthielt das Anschreiben einen Fragebogen zur Patientenanamnese (Anlage 1), den Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS, Anlage 2), den Knee Society Score für Funktion (fKSS, Anlage 3), sowie eine Einwilligungserklärung zur Teilnahme an der Studie.

Nun erfolgte die weitere Studienselektion anhand der Ausschlusskriterien.

Ausschlusskriterien:

- Gesetzlich betreute Patienten
- Minderjährige Patienten
- Fehlende Einwilligungserklärung
- Nicht kontaktierbar / erreichbar

Zwei Patienten waren nicht erreichbar. Weitere vier Patienten zeigten kein Interesse an einer Studienteilnahme. Insgesamt konnten 18 Patienten somit in die Studie eingeschlossen werden. Die Nachuntersuchung erfolgte im Rahmen der postoperativen klinischen Routineuntersuchung durch die Ärzte der orthopädischen Sprechstunde der Charité-Universitätsmedizin Berlin.

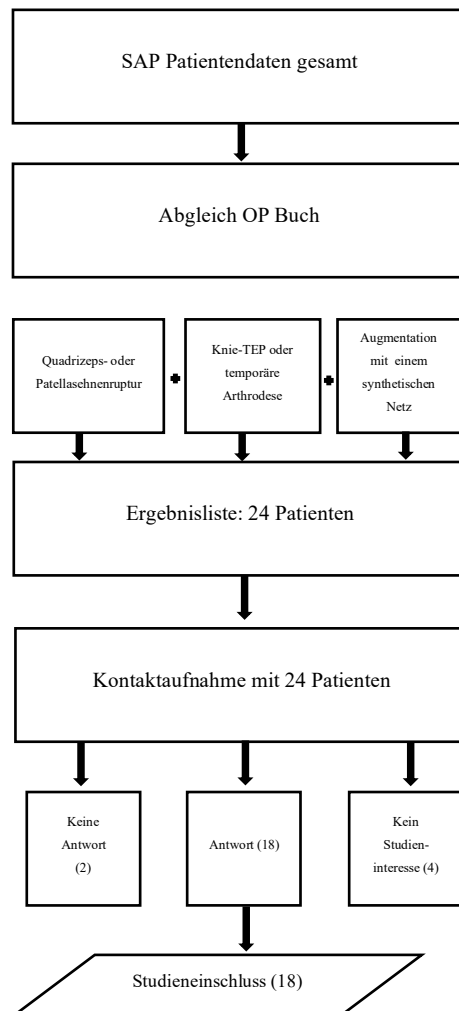


Abbildung 12: Schematische Darstellung der Datenverarbeitung im Auswahlprozess der Studienpatienten

Chirurgische Technik und Rehabilitationsprotokoll

Es wurde bei allen Patienten eine Streckapparatrekonstruktion nach der in Kapitel 1.5 beschriebenen Technik durchgeführt. Hierbei wurde immer ein synthetisches Netz verwendet. Dieses wurde immer mit einer Schraube im kreierte Aufnahmekanal tibial gesichert. Postoperativ erfolgte die Ruhigstellung in einer Streckschiene für 6 Wochen. In diesen 6 Wochen war die passive Mobilisierung bis 30° Beugung erlaubt. Außerdem erfolgte die Freigabe zur 20kg-Teilbelastung mit zwei Unterarmgehstützen. Nach 6 Wochen wurde die Streckschiene gegen eine Artikulationsschiene mit einer maximalen Flexion von 30° getauscht. Nun erfolgte die Steigerung

maximalen Flexion an der Artikulationsorthese um 10° pro Woche mit weiterhin erlaubter 20kg-Teilbelastung an zwei Unterarmgehstützen. Nach 12 Wochen postoperativ erfolgte die Freigabe zur Vollbelastung.

2.3 Erhebungsinstrumente

Erhoben wurde in der vorliegenden Studie die klinischen und die radiologischen Ergebnisse. Die Messung des klinischen Outcomes erfolgte im Vergleich der präoperativen mit den postoperativen Untersuchungsergebnissen. Die Untersuchung der Patienten erfolgte präoperativ im Rahmen der orthopädischen Sprechstunde bzw. bei der Aufnahmeuntersuchung, welche in der Regel einen Tag vor der Operation stattfand.

Postoperativ erfolgte die Untersuchung der Patienten in der üblichen postoperativen Kontroll-Routine. Dabei wurden Patienten nach 6 Wochen, 12 und 24 Monaten und anschließend alle 5 Jahre in der orthopädischen Sprechstunde des Centrums für Muskuloskeletale Chirurgie (CMSC) vorstellig. Außerhalb des beschriebenen Vorstellungsintervalls konnten Patienten bei Beschwerden individuelle Kontrolltermine wahrnehmen.

In Tabelle 1 ist zu entnehmen, welche Parameter zum jeweiligen Zeitpunkt erfasst wurden.

Präoperativ	Postoperativ
Klinische Untersuchung fKSS	Klinische Untersuchung fKSS KOOS

Tabelle 1: Erfasste Parameter prä- und postoperativ im Vergleich

Während der klinischen Untersuchung wurde folgendes erfasst:

- Bewegungsumfang des Kniegelenks nach Neutral-0-Methode
- Erfassung des aktiven Extensionsdefizits des Kniegelenks

Postoperativ wurde außerdem das mögliche Therapieversagen, also eine Re-Ruptur, erfasst.

2.3.1 Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score

Der Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score wurde 1998 entwickelt, um die subjektiven Patientenmeinung über ihr Knie vergleichbar zu messen [57, 58]. Der Fragebogen ist in 5 Subkategorien unterteilt und für Knierevisionsendoprothetik validiert [59]. In den Subkategorien werden zu den Kategorien Symptome (7 Fragen), Schmerz (9), Aktivitäten des täglichen Lebens (ADL) (17), Sport und Freizeit (5), sowie Lebensqualität (QOL) (4) Fragen gestellt (siehe Anlage 2). Die Auswertung der Fragen erfolgte nach Unterteilung in die oben genannten Untergruppen, wobei sich insgesamt 42 Fragen ergeben. Zu jeder Frage sind fünf Antwortmöglichkeiten gegeben,

welche je einem Zahlenwert von null bis vier Punkten zugeordnet ist. Anschließend werden diese Werte durch in einen Skalenwert von null bis hundert umgerechnet. Dabei entspricht 0 jeweils extremen Problemen und hundert Beschwerdefreiheit bezüglich des betroffenen Kniegelenks. Die Berechnung der Subscorewerte erfolgte nach den folgenden Formeln [57, 58]:

$$KOOS\ Symptoms = 100 - \frac{Durchschnitt\ (S1 - S7) \times 100}{4}$$

$$KOOS\ Pain = 100 - \frac{Durchschnitt\ (P1 - P9) \times 100}{4}$$

$$KOOS\ ADL = 100 - \frac{Durchschnitt\ (A1 - A17) \times 100}{4}$$

$$KOOS\ \frac{Sport}{Rec} = 100 - \frac{Durchschnitt\ (SP1 - SP5) \times 100}{4}$$

$$KOOS\ QOL = 100 - \frac{Durchschnitt\ (Q1 - Q4) \times 100}{4}$$

2.3.2 Knee Society Score Function

Der Knee Society Score (KSS) ist ein häufig verwendetes Testinstrument zur Beurteilung der Kniefunktion. Er setzt sich aus einem Schmerz (KSS-Pain) sowie einem Funktionsteil (fKSS) zusammen, bei denen jeweils ein maximaler Punktwert von 100 erreicht werden kann [60]. In der vorliegenden Studie wurde lediglich der fKSS berücksichtigt, welcher die Gehfähigkeit (maximal 50 Punkte), sowie die Fähigkeit Treppen zu steigen (maximal 50 Punkte) bewertet. Für die Benutzung von Gehhilfen, wie z.B. Unterarmgehstützen werden Punkte abgezogen. Es erfolgt die Beurteilung und Aufsummierung nachfolgender Formel und Tabelle 2 und 3.

fKSS= Punkte Gehstrecke + Punkte Treppen steigen – Punkte Hilfsmittel

Gehstrecke	Punkte	Treppen steigen	Punkte
Unbegrenzt	+50	Normal auf und ab	+50
> 1000 Meter	+40	Normal auf-, herunter mit Handlauf	+40
500- 1000 Meter	+30	Auf- und absteigen mit Handlauf	+30
<500 Meter	+20	Auf- mit Handlauf, herunter unmöglich	+15
Nur im Haus	+10	unmöglich	0
Laufen unmöglich	0		

Tabelle 2: Darstellung der Punkte, welche für die Gehstrecke und das Treppen steigen im Knee Society Score Function vergeben werden.

Hilfsmittel	Punkte
Keine	0
Gehstock / Eine Unterarmgehstütze	-5
Zwei Unterarmgehstützen	-10
Achselstützen, Rollator	-20

Tabelle 3: Darstellung der Punkte, welche für die Benutzung von Hilfsmitteln im Knee Society Score Function subtrahiert werden.

Je höher die erzielter Punktzahl, desto besser das funktionelle Ergebnis [60].

2.4 Radiologische Auswertung

Zur radiologischen Bewertung erfolgte der Vergleich der präoperativen und postoperativen Röntgenbilder. Insbesondere wurde der Patellastand zum jeweiligen Zeitpunkt mit Hilfe des Blackburne-Peel-Index bewertet. Dieses erfolgte anhand der nach Standardprotokoll angefertigten seitlichen Röntgenaufnahmen, welche präoperativ und postoperativ angefertigt wurden. Der BPI stellt dabei ein standardisiertes Messverfahren zur Beurteilung des Patellastandes dar. Er wurde 1977 von J.S. Blackburne und T.E. Peel veröffentlicht [35]. Um diesen zu bestimmen, wird in die seitlichen Röntgenbilder eine Tangente an das Tibiaplateau gelegt. Anschließend erfolgen die Messungen von (siehe Abbildung 13):

- A) Distanz zwischen distalen Begrenzungspunkt der Patella zur Tibiaplateautangente
- B) Länge der Patellagelenkfläche

Der BPI berechnet sich dann als Quotient von Strecke A durch Strecke B [35].

Grenzwerte für eine Patella norma sind Indexwerte zwischen 0,8 und 1. Indexwerte <0,8 zeigen eine Patella baja, hingegen zeigen Indexwerte >1 eine Patella alta [35].

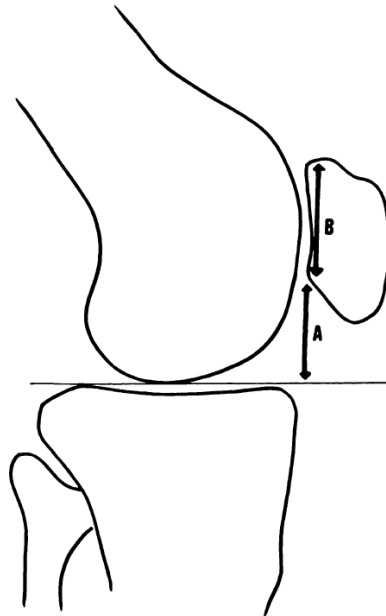


Abbildung 13: Schematische Darstellung der Messmethode nach Blackburne und Peel [35].

2.5 Statistische Auswertung

Das Alter, der BMI, der Nachuntersuchungszeitraum, Bewegungsausmaße, KOOS und BPI sind als Mittelwerte mit Spannweite dargestellt. Operationsseite und Geschlecht, sowie die Versagensrate werden als absolute Zahlen bzw. Prozentsatz dargestellt. Knee Society Score für Function ist als Mittelwert mit Standardfehler angegeben. Fehler werden als Standardfehler des Mittelwerts angegeben. Die statistische Auswertung erfolgte mit SPSS, Version 27 (IBM, Armonk, NY). Vergleiche verbundener Stichproben erfolgten mittels T-Test. P-Werte $<0,05$ wurden als signifikant definiert. Eine Kaplan-Meier Analyse wurde zur Darstellung des Therapieversagens durchgeführt.

3. Ergebnisse

3.1 Demographie

Insgesamt konnten 18 Patienten in die Studie eingeschlossen werden. Von den 18 Patienten waren 5 männlich und 13 weiblich. Der mittlere Nachuntersuchungszeitraum betrug 13 Monate (2-31 Monate). Bei allen Patienten erfolgte die einseitige Rekonstruktion des Streckapparats mit einem synthetischen Netz. In der folgenden Tabelle sind sämtliche demographischen Patientendaten zusammengefasst.

Geschlecht	Männlich	5
	Weiblich	13
Operationsseite	Rechts	6
	Links	12
Alter zum Operationszeitpunkt	72 Jahre (61-87 Jahre)	
BMI	32,1kg/m ² (23,4-43,4)	
Mittlerer Nachuntersuchungszeitraum	13 Monate (2-31 Monate)	

Tabelle 4: Darstellung der demographischen Daten, sowie des durchschnittlichen Nachuntersuchungszeitraums.

Sieben Patienten erhielten bei Ruptur der Quadrizepssehne eine Rekonstruktion mittels synthetischen Netzes, hingegen wurden 11 mit einem synthetischen Netz bei Vorliegen einer Patellasehnenruptur versorgt. Bei 6 dieser 18 Patienten erfolgte die Rekonstruktion des Streckapparats auf der rechten und bei 12 auf der linken Seite.

Bei sechs Patienten (33%) erfolgte die eine einzeitige Knie-TEP Revision mit zeitgleicher Meshrekonstruktion. Bei zwei Patienten (11%) erfolgte die Streckapparatrekonstruktion während der Re-Implantation bei zweizeitigem Knie-TEP Wechseloperation. Zuvor erfolgte hier die Knie-TEP Explantation auf Grund einer periprothetischen Kniegelenksinfektion und Implantation einer temporären Arthrodesen. Bei 10 Patienten (56%) erfolgte lediglich die Streckapparatrekonstruktion ohne Wechsel der einliegenden Prothese.

3.2 Klinische und subjektive Ergebnisse

3.2.1 Survivorship und Komplikationen

Bei drei Patienten zeigte sich ein Therapieversagen nach 7, 10 und 14 Monaten durch ein Ausreißen des Netzes zwischen M. vastus lateralis und M. vastus medialis des M. quadrizeps femoris. Dieses entspricht einer Versagensrate von 16,7%. Alle 3 Patienten wurden erneut mit

einem synthetischen Netz versorgt. Bei der letzten Follow-up Untersuchung zeigte sich bei keinem dieser Patienten eine erneute Ruptur.

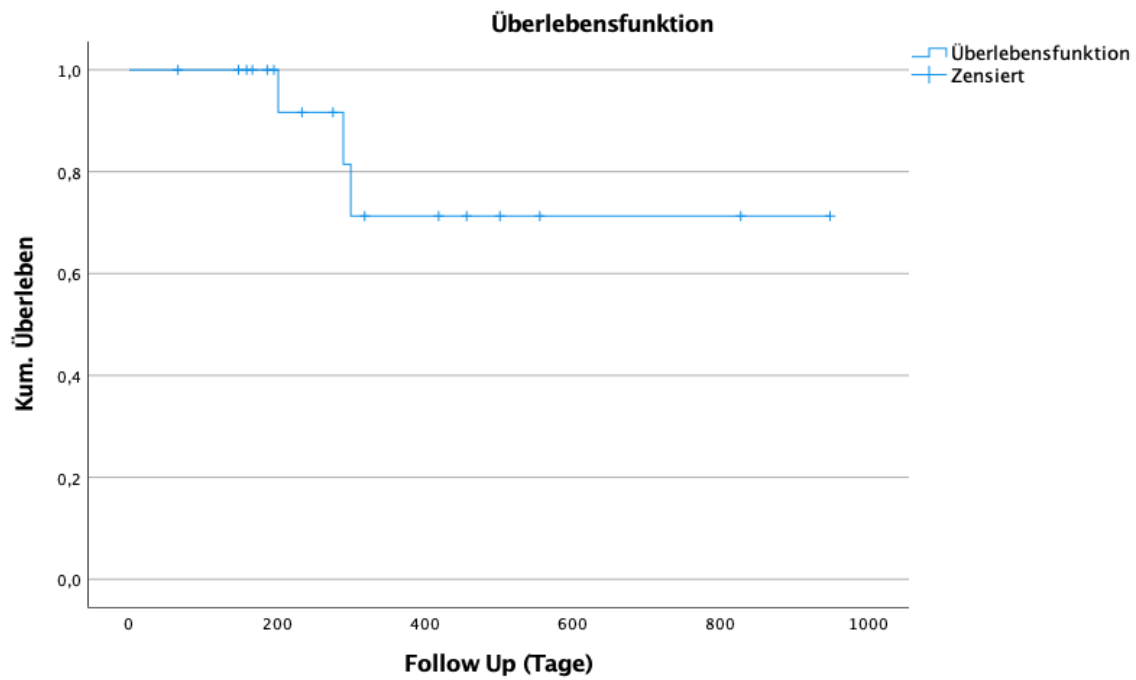


Abbildung 14: Darstellung der Standzeiten der Streckapparatrekonstruktion mittels synthetischen Netz Kaplan-Meyer-Funktion

Hierbei konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den Lokalisationen der Primärruptur festgestellt werden ($p=0,881$). Eine getrennte Überlebenszeitanalyse zeigt sich unten dargestellt für die jeweiligen Gruppen.

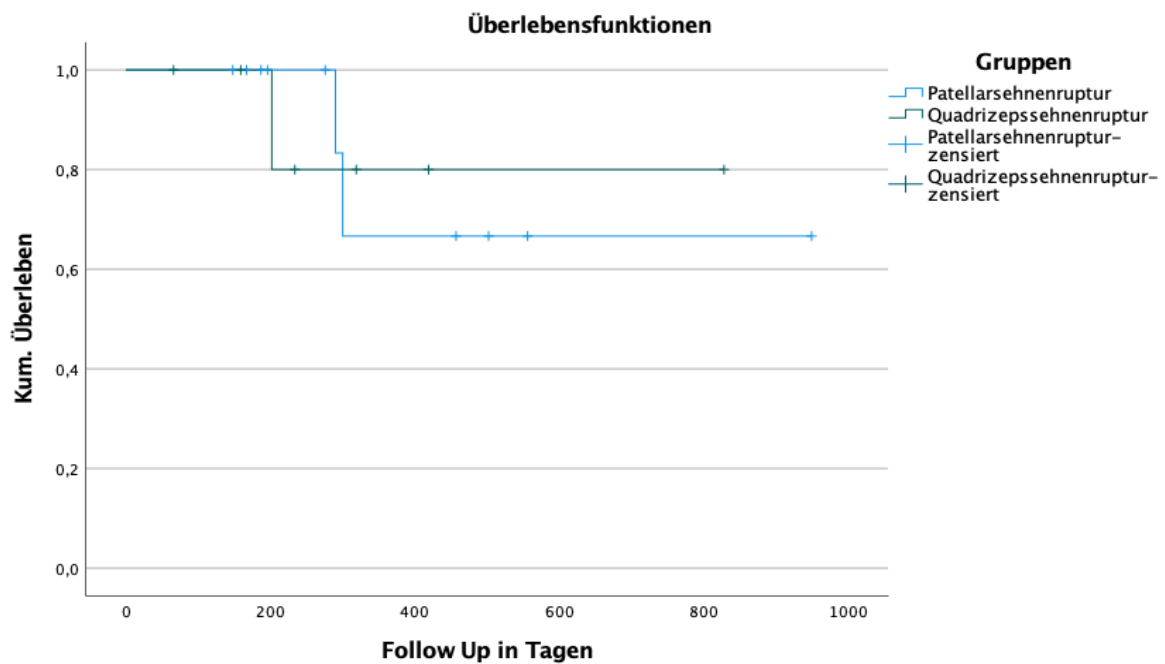


Abbildung 15: Darstellung der Standzeiten der Streckapparatrekonstruktion mittels synthetischen Netzes als Kaplan-Meyer-Funktion nach Quadrizeps- und Patellarsehnenruptur getrennt

3.2.2 Bewegungsumfänge

Extensionsdefizit

Das präoperative mittlere aktive Extensionsdefizit betrug 28° (20° - 60°). Dieses verbesserte sich postoperativ um 24° auf durchschnittlich 4° (0° - 35° ; $p < 0,005$). Dabei zeigten postoperativ 72,2% der Patienten (13/18 Patienten) eine volle Extension (0°). Fünf Patienten hatten im Mittel ein aktives Extensionsdefizit von 13° (5 - 35°).

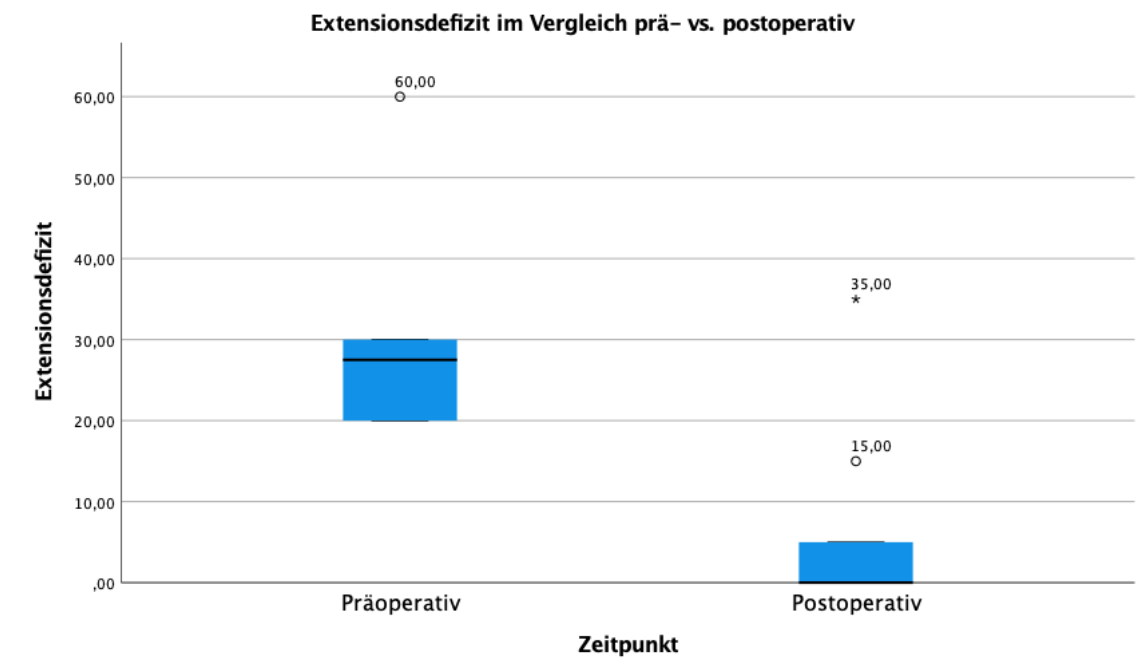


Abbildung 16: Extensionsdefizit im Vergleich präoperativ (28° (20° - 60°)). und postoperativ (4° (0° - 35° ; $p < 0,005$)).

Flexion

Die Flexion betrug präoperativ im Mittel 93° (60° - 120°). Postoperativ betrug sie durchschnittlich 87° (30° - 120°). Der Unterschied ist statistisch nicht signifikant ($p > 0,79$). Ein Patient mit einer postoperativen Flexion von 30° hatte zum Nachuntersuchungszeitpunkt noch eine Flexionslimitation auf 30° . Ein Patient mit einer postoperativen Flexion auf 60° hatte zum Nachuntersuchungszeitpunkt noch eine Flexionslimitation auf 60° .

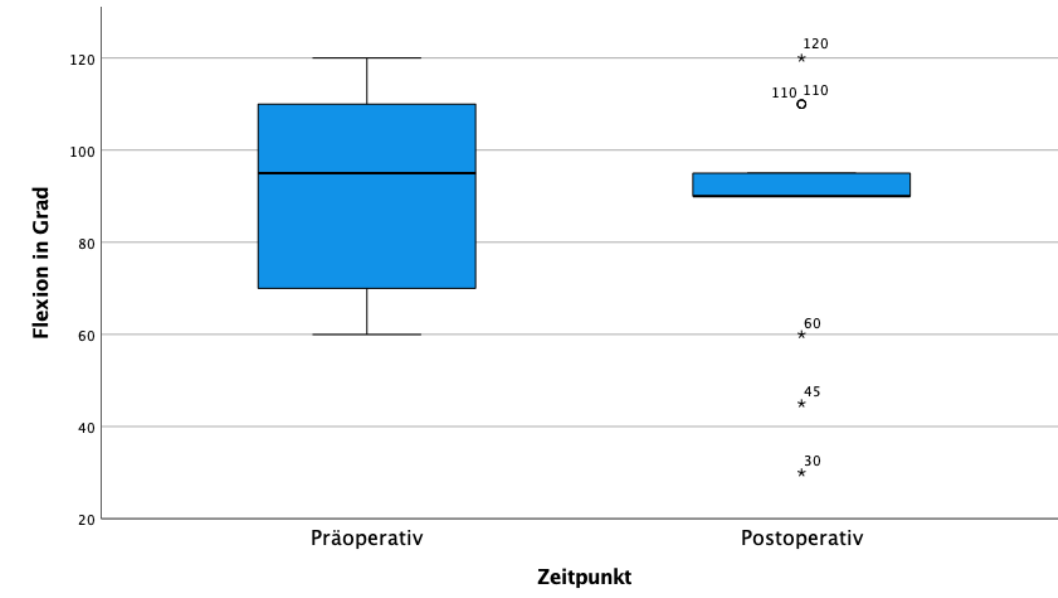


Abbildung 17: Flexion im Vergleich präoperativ (93° (60°-120°)) und postoperativ (87° (30°-120°); $p > 0,79$).

3.2.3 Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score

Postoperativ zeigen die Patienten einen durchschnittlichen KOOS-Wert von 46 (19-84). In der Subkategorie Symptome (Symptoms) zeigt sich ein Mittelwert von 52 (17-96). In der Subkategorie Schmerz (Pain) wurde ein Mittelwert von 54 ermittelt (19-100). Die Fragen zur Aktivität des täglichen Lebens resultierten in einem Mittelwert von 41 (0-79), für Sport durchschnittlich 6 (0-25) und für Lebensqualität 17 (0-50) (Abbildung 18).

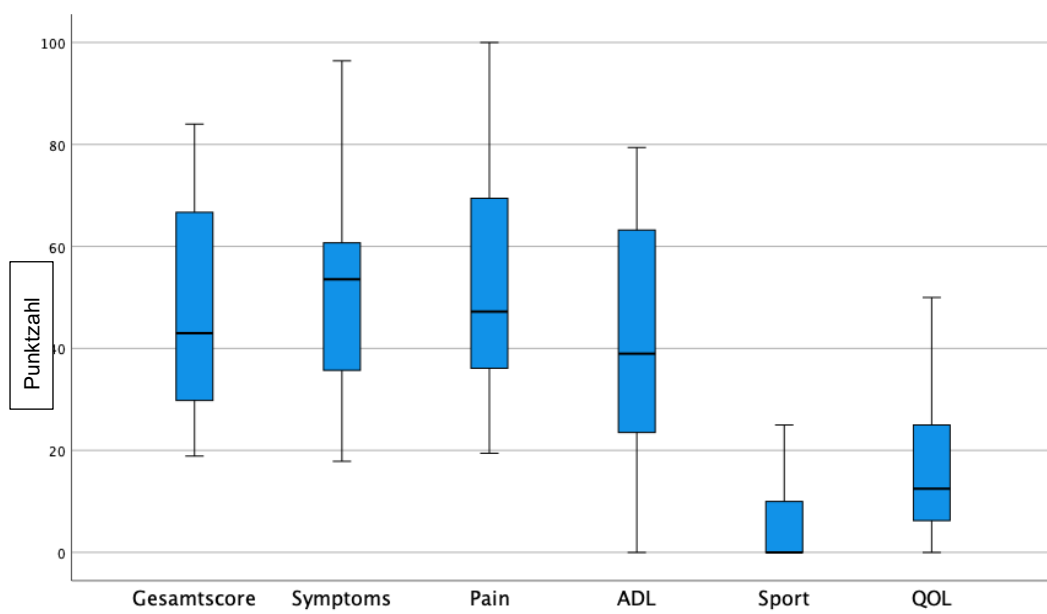


Abbildung 18: Darstellung des Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Gesamtscores, sowie unterteilt nach Subkategorien.

3.2.4 Knee Society Score Function

Präoperativ war der durchschnittliche fKSS $2 \pm 0,9$. Dieser steigerte sich postoperativ signifikant auf durchschnittlich $37 \pm 4,9$ ($p < 0,001$) im Vergleich zu präoperativ.

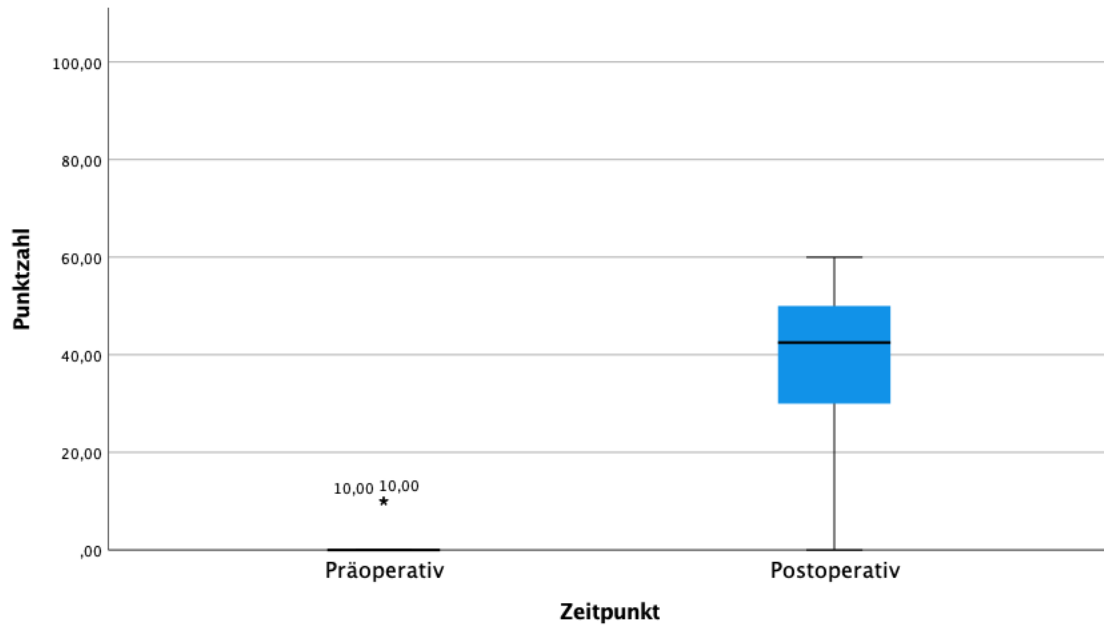


Abbildung 19: Knee Society Score Function im Vergleich präoperativ ($2 \pm 0,9$) und postoperativ ($37 \pm 4,9$; $p < 0,001$).

3.3 Radiologische Ergebnisse

Insgesamt hatten präoperativ 55,6% der Patienten (10/18 Patienten) eine Patella baja (BPI $< 0,8$), 5 von 18 Patienten (28%) eine Patella alta (BPI > 1) und 3 von 18 der Patienten (17%) eine normalstehende Patella. Das mittlere Delta zwischen Patella-Stand und einer normalstehenden Patella (BPI 0,8-1,0) betrug präoperativ durchschnittlich 0,34.

Postoperativ stellte sich in 23,5% (4/17) der Patienten ein normaler Patella-Stand ein. Weiterhin zeigte sich bei 58,8% (10/17) der Patienten eine Patella baja und bei 17,7% (4/17) eine Patella alta. Bei einem Patienten lag kein postoperatives Röntgenbild vor. Postoperativ konnte das mittlere Delta im Verhältnis zu einer normalstehenden Patella auf 0,21 gesenkt werden. Dieser Unterschied war im T-Test für verbundene Stichproben signifikant ($p < 0,05$).

Bei den sieben Patienten mit Quadrizepssehnenruptur lag präoperativ bei allen Patienten ein Patellatiefstand mit einem BPI von 0,47 (0,14-0,74) vor. Dieser veränderte sich postoperativ nicht signifikant ($p = 0,76$) auf durchschnittlich 0,49 (0,26-0,82). Bei einem Patienten mit Quadrizepssehnenruptur lag postoperativ keine Patella baja vor (Abbildung 20).

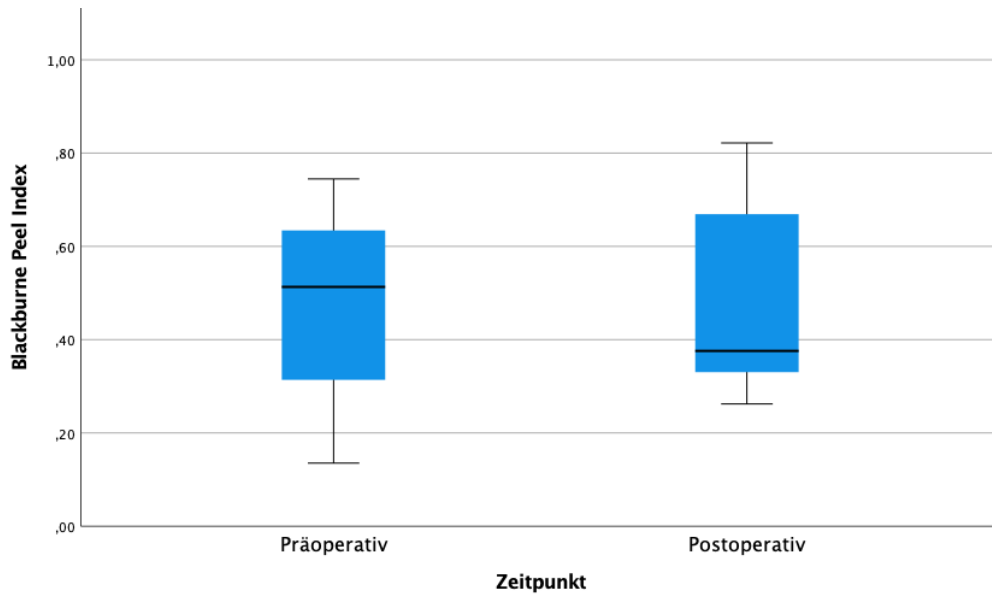


Abbildung 20: Darstellung des Blackburne-Peel-Index im Vergleich zwischen präoperativ (0,47 (0,14-0,74)) und postoperativ (0,49 (0,26-0,82)) für Patienten mit Quadrizepssehnenruptur ($p=0,76$).

Bei den 11 Patienten mit Patellarsehnenruptur lag präoperativ bei 6 Patienten eine Patella alta vor. Bei 2 Patienten zeigte sich eine Patella norma und bei 3 Patienten eine Patella baja. Der durchschnittliche BPI betrug präoperativ 1,01 (0,12-1,63). Dieser veränderte sich postoperativ signifikant ($p=0,049$) auf durchschnittlich 0,79 (0,29-1,13). Postoperativ lag bei 3 von 11 Patienten eine Patella norma, bei 3 Patienten eine Patella baja und bei 5 Patienten eine Patella alta vor (Abbildung 21).

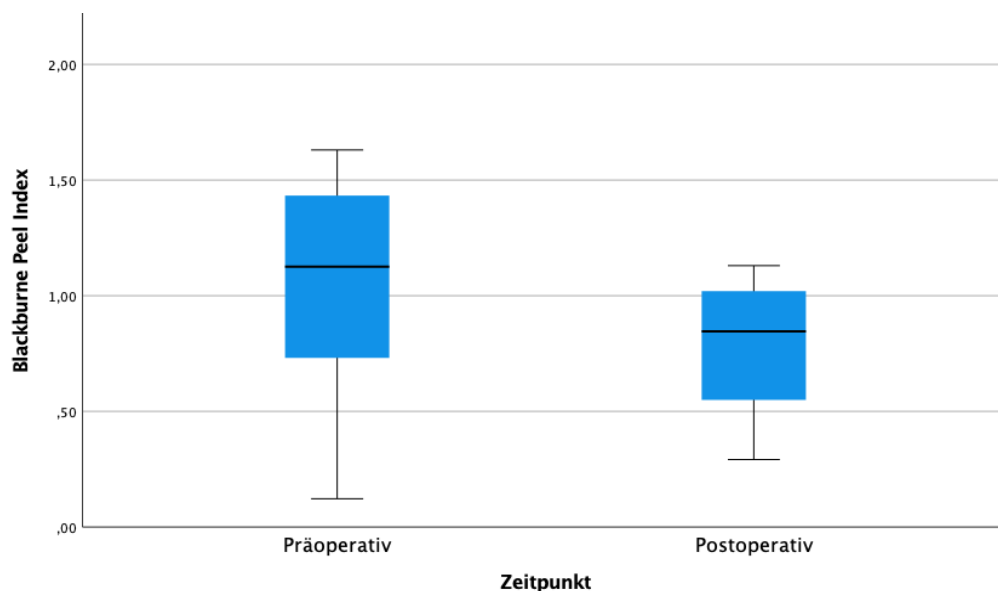


Abbildung 21: Darstellung des Blackburne-Peel-Index im Vergleich zwischen präoperativ (1,01 (0,12-1,63)) und postoperativ (0,79 (0,29-1,13)) für Patienten mit Patellarsehnenruptur ($p=0,049$).

4. Diskussion

Chronische Läsionen der Quadrizeps- oder Patellarsehne nach Implantation einer Knie totalendoprothese sind verheerende Komplikationen. Unbehandelt folgt in der Regel der vollständige Funktionsverlust des Kniegelenkes [1]. Insbesondere die fehlende Exstensionsfähigkeit führt zu einem erheblichen Schmerzen und zu einer starken Funktionseinschränkung [44]. Chronische Rupturen stellen hierbei eine große Herausforderung dar und zeigen mit den bisher beschriebenen Augmentationsverfahren, wie Quadrizeps-Turndown, autologer Semitendinosus- oder Gracilissehnentransplantate, sowie allogener Achillessehnen- oder Fascia-lata-Transplantate Re-Rupturraten von bis zu 38% [14, 24, 40, 43, 61, 62]. Neben der erstbeschreibenden Institution beschreibt die vorliegende Studie die größte Patientenserie für die Streckapparatrekonstruktion mittels eines synthetischen Netzes (Marlex Mesh). Im Vergleich zu anderen synthetischen Materialien haben bis heute nur wenige Studien die Ergebnisse dieser Operationstechnik zusammengefasst [7, 40, 44, 45]. Das Ziel der vorliegenden Arbeit war daher dieses Behandlungsverfahren der Streckapparatrekonstruktion mittels eines synthetischen Netzes (Marlex Mesh) aufzuzeigen und die klinischen und radiologischen Ergebnisse darzulegen.

4.1 Klinische und subjektive Ergebnisse

4.1.1 Komplikationen und Re-Operationen

Bei dem in unserer Institution untersuchten Kohorte zeigte sich eine Rupturrate von 16,7% bei einem mittleren Nachuntersuchungszeitraum von 13 Monaten. Im weiteren Verlauf konnten 10 weitere Patienten eingeschlossen werden, sodass die Ergebnisse von insgesamt 28 Patienten veröffentlicht werden konnten [47]. Hier zeigte sich eine 2 Jahres Überlebensrate von 89%, welches einer Versagensrate von 11% entspricht [47]. Die Arbeitsgruppe um Browne et al. zeigte 2011 in einem Patientenkollektiv von 13 Patienten vielversprechende Ergebnisse [7]. Alle Patienten unterzogen sich der Streckapparatrekonstruktion bei subakuter oder chronischer Patellarsehnenruptur. Bei 9 der 13 Patienten zeigte sich bei der letzten Nachuntersuchung ein aktives Extensionsdefizit von unter 10°. Bei 3 Patienten war die Rekonstruktion mittels synthetischen Netzes nicht erfolgreich. Hier versagte die Rekonstruktion bei allen drei Patienten innerhalb des ersten halben Jahres postoperativ. Weiterhin wurde ein Patient bei wiederkehrender periprothetischer Infektion mit einer Knie-Arthrodesse operativ versorgt [7]. Dieses entspricht einer Versagensrate von 30,8% bei einem Follow-Up von 42 Monaten. Ähnliche Ergebnisse zeigte die Arbeitsgruppe um Abdel et al. mit dem bisher größten Patientenkollektiv von 77 Netz-Augmentationen und einer Versagensrate von 15% nach 2 Jahren [45]. Bei Therapieversagen

durch weichteilseitiges Ausreißen der Netzaugmentation erhielten alle Patienten dieser Studie (n=3) eine erneute Rekonstruktion mit einem synthetischen Netz, welche bei der letzten Nachuntersuchung intakt waren. Nodzo et al. zeigten in ihrem Patientenkollektiv von 7 Netzrekonstruktionen bei 6 Patienten ein Therapieerfolg in nur 57,1% der Fälle [44]. Hier zeigte sich in 2 Fällen eine Infektion und in einem Fall eine Ruptur der Augmentation [44]. Dieses zeigt erneut, dass ein präoperativer Infektionsausschluss sehr wichtig ist. Therapieverfahren welche unter der Verwendung von Allografts veröffentlicht wurden zeigten Versagensraten von 31-38% [14, 40, 43, 46]. Die Versagensraten sind in Tabelle 5 zusammengefasst. Eine Meta-Analyse von Deren et al. zeigte zusammenfassend von 30 Studien und insgesamt 505 Knien kein signifikanten Unterschied in Bezug auf Versagensraten zwischen Allograft- und Netzrekonstruktion des Streckapparats [42]. Hierbei sind jedoch die kürzlich veröffentlichten Ergebnisse aus der Arbeitsgruppe der Charité nicht aufgeführt [42, 47]. Hier konnten übereinstimmend mit den Ergebnissen der Arbeitsgruppe um Abdel et al. mit 11% bzw. 15% deutlich geringere Versagensraten dargelegt werden [45, 47].

Arbeitsgruppe	Augmentationsverfahren	Versagensrate
Fuchs et al., 2022 [47]	synthetisches Netz	11%
Abdel et al., 2018 [45]	synthetisches Netz	15%
Nodzo et al., 2016 [44]	synthetisches Netz	42,9%
Browne et al., 2011 [7]	synthetisches Netz	30,8%
Courtney et al., 2018 [46]	Allograft	44,1%
Lim et al., 2017 [40]	Allograft	31%
Brown et al., 2015 [14]	Allograft	38%
Diaz-Ledezma et al., 2014 [43]	Allograft	37,9%

Tabelle 5: Versagensraten der Streckapparatrekonstruktionen nach Arbeitsgruppe, Publikationsjahr und Verfahren sortiert. Das eigene Studienkollektiv ist in den Daten von Fuchs et al. enthalten.

4.1.2 Bewegungsumfänge

4.1.2.1 Extensionsdefizit

In dem vorliegenden Patientenkollektiv zeigte sich eine durchschnittliche Verbesserung des Extensionsdefizit um 24° (28° präoperativ zu 4° postoperativ). Dieses bedeutet eine signifikante Steigerung des Bewegungsumfangs. Mit durchschnittlich unter 5° aktiver Streckhemmung zeigt das Kollektiv im Vergleich zu anderen Arbeiten das geringste postoperative Extensionsdefizit (siehe Tabelle 6) [7, 14, 40, 43-45]. Abdel et al zeigten in ihrem Patientenkollektiv von 77

Patienten vergleichbare Ergebnisse mit einer mittleren Verbesserung von 26° des Extensionsdefizits [45]. Im Vergleich zu dem kleinen Kollektiv von Nodzo et al. der University of New York welche postoperatives Extensionsdefizit von 20° beschreiben [44] kann sowohl dieses Studienkollektiv als auch das Kollektiv der Mayo Clinic deutlich bessere Ergebnisse aufzeigen [45]. In den erweiterten und publizierten Ergebnissen dieses Kollektivs zeigte sich ein postoperatives Extensionsdefizit von 4° und somit identische Ergebnisse [47]. Möglicherweise kommt dieses durch ein intraoperativ straffer eingenähtes Netz zustande. Das Mittlere Extensionsdefizit nach Allograft-Rekonstruktion wird in der Literatur mit 14°, 13° und 11° angegeben und zeigt somit ein durchschnittlich höheres postoperatives Extensionsdefizit [14, 40, 46]. Ausgenommen hiervon sind die Ergebnisse von Diaz-Ledezma et al., welche jedoch nur ein Extensionsdefizit für die zufriedenstellenden Ergebnisse (17/29 Fälle) veröffentlichten (3°) [43]. Dieser Wert ist somit nicht vergleichbar. Insgesamt zeigen sich ähnliche Werte für das postoperative Extensionsdefizit mit gering besserer Extension nach synthetischem Netz. Ein Erklärungsansatz ist, dass das hier verwendete synthetische Netz sich besser in den umliegenden Weichteilmantel integriert und weniger nachgibt als ein Allograft-Transplantat.

Arbeitsgruppe	Augmentationsverfahren	Extensionsdefizit in °
Fuchs et al., 2022 [47]	synthetisches Netz	4
Abdel et al., 2018 [45]	synthetisches Netz	9
Nodzo et al., 2016 [44]	synthetisches Netz	20
Browne et al., 2011 [7]	synthetisches Netz	10
Courtney et al., 2018 [46]	Allograft	11
Lim et al., 2017 [40]	Allograft	14
Brown et al., 2015 [14]	Allograft	13
Diaz-Ledezma et al., 2014 [43]	Allograft	3*

*Tabelle 6: Postoperatives Extensionsdefizit nach Arbeitsgruppe und Verfahren sortiert; *lediglich für die Patienten mit "zufriedenstellenden" Ergebnissen ein Extensionsdefizit angegeben (17/29 Fällen). Das eigene Studienkollektiv ist in den Daten von Fuchs et al. enthalten.*

4.1.2.2 Flexion

Die postoperative Flexion zeigt sich im vorliegenden Kollektiv bei knapp 90°. In den anderen Arbeiten welche ein synthetisches Netz zur Streckapparatrekonstruktion verwendeten zeigte sich eine durchschnittliche postoperative Flexion von 105° - 115° [7, 44, 45]. In den veröffentlichten Arbeiten, welche eine Allograft Rekonstruktion untersuchten, wurde die postoperative Flexion in

einer Arbeit nicht angegeben [14], bzw. es wurde kein Durchschnittswert angegeben [43]. Lim et al. und Courtney et al. gaben die postoperative Flexion mit 98° bzw. 102° an [40, 46]. Die geringere postoperative Flexion in diesem Kollektiv kann zum einen durch das vergleichsweise kurze Follow-Up (13 Monate) erklärbar sein. Da in den ersten 3 Monaten die Flexion noch limitiert ist und im Verlauf eine weitere Steigerung der Flexion anzunehmen ist. Eine weitere Erklärung wäre ein Unterschied in der Art der Implantation des Netzes. Hier kann ein straffer eingenähtes Netz oder ein konservativeres Nachbehandlungsschema zu einer Limitation in der Flexion führen.

Autor, Jahr	Augmentationsverfahren	Flexion in °
Fuchs et al., 2022 [47]	synthetisches Netz	87
Abdel et al., 2018 [45]	synthetisches Netz	105
Nodzo et al., 2016 [44]	synthetisches Netz	115
Browne et al., 2011 [7]	synthetisches Netz	107
Courtney et al., 2018 [46]	Allograft	102
Lim et al., 2017 [40]	Allograft	98
Brown et al., 2015 [14]	Allograft	N/A
Diaz-Ledezma et al., 2014 [43]	Allograft	N/A

Tabelle 7: Postoperative Flexion nach Arbeitsgruppe und Verfahren sortiert. Diaz-Ledezma et al. stellten lediglich Spannweiten Werte für Patienten mit „zufriedenstellenden“ Ergebnissen dar [43] und sind daher als Not Available (Engl. = nicht Verfügbar, N/A) aufgeführt. Brown et al. stellten keine Werte für Flexion in ihrer Arbeit vor und sind daher ebenfalls mit N/A vermerkt [14]. Das eigene Studienkollektiv ist in den Daten von Fuchs et al. enthalten.

4.1.3 Patient Reported Outcome Measures

Die Streckapparaturruptur nach Knie-TEP stellt eine schwerwiegende Verletzung dar. Dieses zeigt sich auch in den Patient Reported Outcome Measures (PROMs). In diesem Kollektiv wurde präoperativ ein fKSS-Wert von durchschnittlich 2 erfasst. Postoperativ konnte dieser auf 37 gesteigert werden. Präoperativ wurden in diversen Studien fKSS Werte von 20-28 angegeben [7, 44, 45]. Abdel et al. berichteten in dem Kollektiv von 77 Patienten einen durchschnittlichen präoperativen fKSS-Wert von 28, welcher postoperativ auf durchschnittlich 44 gesteigert werden konnte [45]. Dieser Wert deckt sich mit den berichteten Verbesserungen von Nodzo et al. (20 zu 45) [44]. Die Differenz zwischen präoperativ und postoperativ zeigte sich in diesem Kollektiv mit 35 höher als bei Nodzo und Abdel et al. (25 bzw. 16), was den jedoch geringeren postoperativen Wert erklären könnte [44, 45]. In dieser Studie wurden außerdem postoperativ der KOOS erfasst. Dieser lässt eine genauere Betrachtung durch die Subkategorisierung zu (siehe Kapitel 3.2.3). Hier zeigt sich insbesondere, dass die Fähigkeit zur Durchführung von Sport und die Lebensqualität

mit Werten von 6 bzw. 17 deutlich eingeschränkt ist. Dieses lässt sich durch die Schwere der Verletzung und nötigen multiplen Operationen erklären. Es bleibt jedoch festzustellen, dass mit einem Wert von 17 für Lebensqualität weiterhin eine deutliche Einschränkung besteht. Dieses sollte präoperativ mit den Patienten erläutert und so eine zu hohe Erwartungshaltung abgefangen werden.

Autor	Augmentations- verfahren	KSS Prä- operativ	KSS Post- operativ	fKSS Prä- operativ	fKSS Post- operativ	KOOS postoperativ
Fuchs et al. [47]	synthetisches Netz	N/A	N/A	2	37	48
Abdel et al. [45]	synthetisches Netz	32	72	28	44	N/A
Nodzo et al. [44]	synthetisches Netz	44	74	20	45	N/A
Browne et al. [7]	synthetisches Netz	N/A	N/A	20	50	N/A
Courtney et al. [46]	Allograft	80,7	120,3	N/A	N/A	N/A
Lim et al. [40]	Allograft	40	67	26	48	N/A
Brown et al. [14]	Allograft	33,9	75,9	N/A	N/A	N/A
Diaz-Ledezma et al. [43]	Allograft	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Tabelle 8: Patient Reported Outcome Measures nach Arbeitsgruppe und Verfahren sortiert, falls Werte nicht verfügbar sind wurden sie mit „N/A“ vermerkt. Das eigene Studienkollektiv ist in den Daten von Fuchs et al. enthalten.

4.2 Radiologische Auswertung

In der radiologischen Auswertung konnte gezeigt werden, dass eine Rekonstruktion des Streckapparats nicht dazu führt, in den Zielbereich einer normalstehenden Patella zu gelangen. Jedoch konnte die Differenz zwischen den Indexwerten prä- und postoperativ signifikant verbessert werden. Geht man davon aus, dass ein Patellanormalstand auch postoperativ das Ziel

ist, lag nur ein Patient mehr im Vergleich zu präoperativ im Zielbereich von 0,8-1. Auf Grund der Schwere der Verletzung ist vor allem eine Augmentation mit der adäquaten Spannung wichtig. Nodzo et al. führten eine Messung und Berechnung des Insall-Salvati-Index an [36, 44]. Auch hier konnte eine signifikante Verbesserung der Patellastellung erreicht werden (0,76 präoperativ zu 0,99 postoperativ) [44].

Lim et al. führten eine radiologische Auswertung durch, ohne auf einen Index wie dem BPI oder dem Insall-Salvati-Index zurückzugreifen [40]. Sie ermittelten hier den Patellastand im Vergleich zur Gelenklinie [40]. Direkt postoperativ ergab sich hier eine Patellahöhe von 27 ± 14 mm und beim letzten Follow-Up von 34 ± 19 mm [40].

Ein Vergleich der Werte dieses Studienkollektivs, mit den Werten von Nodzo et al. [44] und Lim et al. [40] lässt sich auf Grund der verschieden gewählten Bemaßungsmethoden bzw. Indeces nicht durchführen. In den anderen vorliegenden Arbeiten wurde keine radiologische Auswertung zur Beurteilung des Patellastandes durchgeführt [7, 45].

Autor	Augmentations- verfahren	BPI Prä- operativ	BPI Post- operativ	ISI Prä- operativ	ISI Post- operativ
Fuchs et al. [47]	synthetisches Netz	1,01	0,79	N/A	N/A
Abdel et al. [45]	synthetisches Netz	N/A	N/A	N/A	N/A
Nodzo et al. [44]	synthetisches Netz	N/A	N/A	0,76	0,99
Browne et al. [7]	synthetisches Netz	N/A	N/A	N/A	N/A
Courtney et al. [46]	Allograft	N/A	N/A	N/A	N/A
Lim et al. [40]	Allograft	N/A	N/A	N/A	N/A
Brown et al. [14]	Allograft	N/A	N/A	N/A	N/A
Diaz-Ledezma et al. [43]	Allograft	N/A	N/A	N/A	N/A

Tabelle 9: Radiologische Indeces nach Arbeitsgruppe und Verfahren sortiert. Falls Werte nicht verfügbar sind, wurden sie mit „N/A“ vermerkt. Das eigene Studienkollektiv ist in den Daten von Fuchs et al. enthalten.

4.3 Limitationen

Die vorliegende Arbeit unterliegt aufgrund der retrospektiven Durchführung einigen Limitationen. Es besteht die Gefahr eines Selektionsbias auf Grund einer Rücklaufrate von 75%. Eine weitere Limitation besteht durch das insgesamt kleine Patientenkollektiv. Es handelt sich bei dem

vorliegenden Krankheitsbild jedoch um eine seltene Komplikation, sodass mit 18 Patienten dieses Kollektiv das zweitgrößte Patientenkollektiv neben dem der Mayo Clinic (Rochester, USA) zeigt [45]. Dieses konnte mit weiteren 10 Patienten im weiteren Verlauf noch vergrößert werden, wodurch die Ergebnisse von insgesamt 28 Patienten publiziert werden konnten [47]. In der Meta-Analyse von Deren et al. wurden insgesamt 505 Fälle eingeschlossen [42]. Hiervon wurden 382 der Gruppe der Allografts und 123 der Gruppe der Netzrekonstruktionen zugeordnet [42]. Mit dieser insgesamt sehr geringen Patientenzahl liefern diese Patienten trotz der geringen Fallzahl einen substanziellen Mehrwert zur Beurteilung dieses Verfahrens. Da der KOOS präoperativ nicht standardmäßig erhoben wurde stehen hier keine Werte zum Vergleich zur Verfügung. Jedoch ist auf Grund der deutlichen präoperativen Reduktion der Beweglichkeit mutmaßlich davon auszugehen, dass die präoperativen Werte sehr schlecht sind. Dieses zeigt sich auch in den schlechten fKSS-Werten des Studienkollektivs. Weiterhin limitierend ist eine fehlende Kontrollgruppe, welche beispielsweise mit einer Allograft-Rekonstruktion versorgt wurde. Abschließend ist festzuhalten, dass es sich um eine sehr seltene Verletzung bei einliegender Knie-TEP handelt. In der Literatur sind vor allem Kollektive mit Allograft-Rekonstruktion und synthetischer Netz-Rekonstruktionen des Streckapparats beschrieben. Bei insgesamt geringen Fallzahlen dient auch dieses Kollektiv als Beitrag zur Schaffung eines Konsenses bei der Therapieentscheidung. Insgesamt zeigen sich in diesem Studienkollektiv überlegene Werte für Versagensraten und geringem durchschnittlichen postoperativen Extensionsdefizit im Vergleich mit den anderen Studienkollektiven bei geringerer postoperativer Flexion.

4.4 Zusammenfassung und Ausblick

Die Ruptur des Streckapparats nach der Implantation einer Knie totalendoprothese ist eine schwerwiegende Komplikation [1]. Sie geht in der Regel mit einem annähernden Funktionsverlust des Kniegelenks einher [1]. Historisch sind diverse Operationsverfahren beschrieben, die jedoch insgesamt hohe Rezidivraten aufweisen [14, 24, 40, 43, 61, 62]. Neben den Daten aus der Arbeitsgruppe um Abdel et al. [45], beschreibt die vorliegende Studie die größte Patientenserie für die Streckapparatrekonstruktion mit einem synthetischen Netz (Marlex Mesh). Zusammenfassend decken sich die Ergebnisse in diesem Kollektiv mit den veröffentlichten Daten aus der Literatur, sodass aus Sicht des Autors dieses Verfahren eine gute Behandlungsmöglichkeit zu den alternativ beschriebenen Techniken bietet. Jedoch gibt es auf Grund der Heterogenität und der kleinen Stichprobengrößen in den veröffentlichten Studien bisher keinen Konsens darüber, welche Rekonstruktionstechnik überlegen ist. Um die Therapieentscheidung auf verlässliche Daten stützen zu können, wäre es sinnvoll, vorhandene Endoprothesenregister um Komplikationen und

deren Therapieergebnisse zu erweitern. Hierbei sollten insbesondere Kriterien zur Bewertung der klinischen Ergebnisse standardisiert werden, um prospektiv vergleichbare Daten zu generieren. Auf diese Weise könnte die Therapie von schwerwiegenden Verletzungen wie der Streckapparaturruptur in Zukunft verbessert werden.

5. Literaturverzeichnis

1. Abdel, M.P., M. Fuchs, and P. von Roth, [Management of extensor mechanism injuries following total knee arthroplasty]. *Orthopade*, 2016. **45**(1): p. 47-53.
2. Felson, D.T., *Epidemiology of hip and knee osteoarthritis*. *Epidemiol Rev*, 1988. **10**: p. 1-28.
3. Felson, D.T. and Y. Zhang, *An update on the epidemiology of knee and hip osteoarthritis with a view to prevention*. *Arthritis Rheum*, 1998. **41**(8): p. 1343-55.
4. Woolf, A.D. and B. Pfleger, *Burden of major musculoskeletal conditions*. *Bull World Health Organ*, 2003. **81**(9): p. 646-56.
5. *IQTIG - Institut für Qualitätssicherung und Transparenz im Gesundheitswesen: Qualitätsreport 2017*. 2018.
6. Thiele, K., P. von Roth, T. Pfitzner, B. Preininger, and C. Perka, [Quadriceps tendon insufficiency and rupture : Treatment options in total knee arthroplasty]. *Orthopade*, 2016. **45**(5): p. 407-15.
7. Browne, J.A. and A.D. Hanssen, *Reconstruction of patellar tendon disruption after total knee arthroplasty: results of a new technique utilizing synthetic mesh*. *J Bone Joint Surg Am*, 2011. **93**(12): p. 1137-43.
8. Lynch, A.F., C.H. Rorabeck, and R.B. Bourne, *Extensor mechanism complications following total knee arthroplasty*. *J Arthroplasty*, 1987. **2**(2): p. 135-40.
9. Parker, D.A., M.J. Dunbar, and C.H. Rorabeck, *Extensor mechanism failure associated with total knee arthroplasty: prevention and management*. *J Am Acad Orthop Surg*, 2003. **11**(4): p. 238-47.
10. Mont, M.A., O.J. Becher, C.W. Lee, D.M. LaPorte, and D.S. Hungerford, *Patellofemoral complications after total knee arthroplasty: a comparison of Modular Porous-Coated Anatomic with Duracon prostheses*. *Am J Orthop (Belle Mead NJ)*, 1999. **28**(4): p. 241-7.
11. Cadambi, A. and G.A. Engh, *Use of a semitendinosus tendon autogenous graft for rupture of the patellar ligament after total knee arthroplasty. A report of seven cases*. *J Bone Joint Surg Am*, 1992. **74**(7): p. 974-9.
12. Rand, J.A., B.F. Morrey, and R.S. Bryan, *Patellar tendon rupture after total knee arthroplasty*. *Clin Orthop Relat Res*, 1989(244): p. 233-8.
13. Bates, M.D. and B.D. Springer, *Extensor mechanism disruption after total knee arthroplasty*. *J Am Acad Orthop Surg*, 2015. **23**(2): p. 95-106.
14. Brown, N.M., T. Murray, S.M. Sporer, N. Wetters, R.A. Berger, and C.J. Della Valle, *Extensor mechanism allograft reconstruction for extensor mechanism failure following total knee arthroplasty*. *J Bone Joint Surg Am*, 2015. **97**(4): p. 279-83.
15. Wurzinger, L.J., *Hüfte, Oberschenkel und Knie*, in *Duale Reihe Anatomie*, G. Aumüller, et al., Editors. 2020, Georg Thieme Verlag KG.
16. Pawar, U., K.N. Rao, P.S. Sundaram, J. Thilak, and J. Varghese, *Scintigraphic assessment of patellar viability in total knee arthroplasty after lateral release*. *J Arthroplasty*, 2009. **24**(4): p. 636-40.
17. Scheibel, M.T., M. Thomas, and G. Von Salis-Soglio, [Surgical approaches for primary endoprosthesis of the knee joint]. *Orthopade*, 2002. **31**(9): p. 934-46.

18. Schoderbek, R.J., Jr., T.E. Brown, K.J. Mulhall, V. Mounasamy, R. Iorio, K.A. Krackow, W. Macaulay, and K.J. Saleh, *Extensor mechanism disruption after total knee arthroplasty*. Clin Orthop Relat Res, 2006. **446**: p. 176-85.
19. Nam, D., M.P. Abdel, M.B. Cross, L.E. LaMont, K.R. Reinhardt, B.A. McArthur, D.J. Mayman, A.D. Hanssen, and T.P. Sculco, *The management of extensor mechanism complications in total knee arthroplasty. AAOS exhibit selection*. J Bone Joint Surg Am, 2014. **96**(6): p. e47.
20. Perry, K.I., C.G. Salib, D.R. Larson, M.W. Pagnano, M.P. Abdel, and A.D. Hanssen, *Two-Stage Exchange and Marlex-Mesh Reconstruction for Infection with Extensor Mechanism Disruption After Total Knee Arthroplasty*. J Bone Joint Surg Am, 2018. **100**(17): p. 1482-1489.
21. Bedi, A., A.J. Fox, P.E. Harris, X.H. Deng, L. Ying, R.F. Warren, and S.A. Rodeo, *Diabetes mellitus impairs tendon-bone healing after rotator cuff repair*. J Shoulder Elbow Surg, 2010. **19**(7): p. 978-88.
22. Ahmed, A.S., N. Schizas, J. Li, M. Ahmed, C.G. Ostenson, P. Salo, C. Hewitt, D.A. Hart, and P.W. Ackermann, *Type 2 diabetes impairs tendon repair after injury in a rat model*. J Appl Physiol (1985), 2012. **113**(11): p. 1784-91.
23. Morgan, J. and D.J. McCarty, *Tendon ruptures in patients with systemic lupus erythematosus treated with corticosteroids*. Arthritis Rheum, 1974. **17**(6): p. 1033-6.
24. Dobbs, R.E., A.D. Hanssen, D.G. Lewallen, and M.W. Pagnano, *Quadriceps tendon rupture after total knee arthroplasty. Prevalence, complications, and outcomes*. J Bone Joint Surg Am, 2005. **87**(1): p. 37-45.
25. Grace, J.N. and F.H. Sim, *Fracture of the patella after total knee arthroplasty*. Clin Orthop Relat Res, 1988(230): p. 168-75.
26. Brick, G.W. and R.D. Scott, *The patellofemoral component of total knee arthroplasty*. Clin Orthop Relat Res, 1988(231): p. 163-78.
27. Rorabeck, C.H., R.D. Angliss, and P.L. Lewis, *Fractures of the femur, tibia, and patella after total knee arthroplasty: decision making and principles of management*. Instr Course Lect, 1998. **47**: p. 449-58.
28. Berger, R.A., L.S. Crossett, J.J. Jacobs, and H.E. Rubash, *Malrotation causing patellofemoral complications after total knee arthroplasty*. Clin Orthop Relat Res, 1998(356): p. 144-53.
29. Figgie, H.E., 3rd, V.M. Goldberg, M.P. Figgie, A.E. Inglis, M. Kelly, and M. Sobel, *The effect of alignment of the implant on fractures of the patella after condylar total knee arthroplasty*. J Bone Joint Surg Am, 1989. **71**(7): p. 1031-9.
30. Meding, J.B., M.D. Fish, M.E. Berend, M.A. Ritter, and E.M. Keating, *Predicting patellar failure after total knee arthroplasty*. Clin Orthop Relat Res, 2008. **466**(11): p. 2769-74.
31. Chalidis, B.E., E. Tsiridis, A.A. Tragas, Z. Stavrou, and P.V. Giannoudis, *Management of periprosthetic patellar fractures. A systematic review of literature*. Injury, 2007. **38**(6): p. 714-24.
32. Ortiguera, C.J. and D.J. Berry, *Patellar fracture after total knee arthroplasty*. J Bone Joint Surg Am, 2002. **84**(4): p. 532-40.
33. Hozack, W.J., S.R. Goll, P.A. Lotke, R.H. Rothman, and R.E. Booth, Jr., *The treatment of patellar fractures after total knee arthroplasty*. Clin Orthop Relat Res, 1988(236): p. 123-7.
34. Saragaglia, D., A. Pison, and B. Rubens-Duval, *Acute and old ruptures of the extensor apparatus of the knee in adults (excluding knee replacement)*. Orthop Traumatol Surg Res, 2013. **99**(1 Suppl): p. S67-76.

35. Blackburne, J.S. and T.E. Peel, *A new method of measuring patellar height*. J Bone Joint Surg Br, 1977. **59**(2): p. 241-2.
36. Insall, J. and E. Salvati, *Patella position in the normal knee joint*. Radiology, 1971. **101**(1): p. 101-4.
37. Ortiguera, C.J. and D.J. Berry, *Patellar fracture after total knee arthroplasty*. J Bone Joint Surg Am, 2002. **84-A**(4): p. 532-40.
38. Engh, G.A. and D.J. Ammeen, *Periprosthetic fractures adjacent to total knee implants: treatment and clinical results*. Instr Course Lect, 1998. **47**: p. 437-48.
39. Rosenberg, A.G., *Management of extensor mechanism rupture after TKA*. J Bone Joint Surg Br, 2012. **94**(11 Suppl A): p. 116-9.
40. Lim, C.T., D.F. Amanatullah, J.I. Huddleston, 3rd, A.H.S. Harris, K.L. Hwang, W.J. Maloney, and S.B. Goodman, *Reconstruction of Disrupted Extensor Mechanism After Total Knee Arthroplasty*. J Arthroplasty, 2017. **32**(10): p. 3134-3140.
41. Kim, T.W., A.F. Kamath, and C.L. Israelite, *Suture anchor repair of quadriceps tendon rupture after total knee arthroplasty*. J Arthroplasty, 2011. **26**(5): p. 817-20.
42. Deren, M.E., T.S. Pannu, J.M. Villa, M. Firtha, A.M. Riesgo, and C.A. Higuera, *Meta-analysis Comparing Allograft to Synthetic Reconstruction for Extensor Mechanism Disruption after Total Knee Arthroplasty*. J Knee Surg, 2021. **34**(3): p. 338-350.
43. Diaz-Ledezma, C., F.R. Orozco, L.A. Delasotta, P.M. Lichstein, Z.D. Post, and A.C. Ong, *Extensor mechanism reconstruction with achilles tendon allograft in TKA: results of an abbreviate rehabilitation protocol*. J Arthroplasty, 2014. **29**(6): p. 1211-5.
44. Nodzo, S.R. and S.R. Rachala, *Polypropylene mesh augmentation for complete quadriceps rupture after total knee arthroplasty*. Knee, 2016. **23**(1): p. 177-80.
45. Abdel, M.P., C.G. Salib, K.C. Mara, M.W. Pagnano, K.I. Perry, and A.D. Hanssen, *Extensor Mechanism Reconstruction with Use of Marlex Mesh: A Series Study of 77 Total Knee Arthroplasties*. J Bone Joint Surg Am, 2018. **100**(15): p. 1309-1318.
46. Courtney, P.M., T.A. Edmiston, C.T. Pfloderer, B.R. Levine, and T.L. Gerlinger, *Is There Any Role for Direct Repair of Extensor Mechanism Disruption Following Total Knee Arthroplasty?* J Arthroplasty, 2018. **33**(7S): p. S244-S248.
47. Fuchs, M., C. Gwinner, N. Meissner, T. Pfitzner, C. Perka, and P. von Roth, *Therapy of chronic extensor mechanism deficiency after total knee arthroplasty using a monofilament polypropylene mesh*. Front Surg, 2022. **9**: p. 1000208.
48. Lamberti, A., G. Balato, P.P. Summa, A. Rajgopal, A. Vasdev, and A. Baldini, *Surgical options for chronic patellar tendon rupture in total knee arthroplasty*. Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy, 2018. **26**(5): p. 1429-1435.
49. Sheth, N.P., D.I. Pedowitz, and J.H. Lonner, *Periprosthetic patellar fractures*. J Bone Joint Surg Am, 2007. **89**(10): p. 2285-96.
50. Bourne, R.B., *Fractures of the patella after total knee replacement*. Orthop Clin North Am, 1999. **30**(2): p. 287-91.
51. Patt, H.H., *Marlex mesh grafts in inguinal hernia repair*. Arch Surg, 1967. **94**(5): p. 734-6.
52. Hosey, G., E. Kowalchick, D. Tesoro, J. Balazsy, J. Klocek, B. Pederson, and S.J. Wertheimer, *Comparison of the mechanical and histologic properties of Achilles tendons in New Zealand white rabbits secondarily repaired with Marlex mesh*. J Foot Surg, 1991. **30**(3): p. 214-33.

53. Winston, L.A., A.F. Terry, J.H. Jardine, and F.F. Parrish, *The result of replacement of partial or total collateral ligaments with Marlex mesh in the knees of dogs*. Clin Orthop Relat Res, 1978(137): p. 287-90.
54. Rust, P.A., N. Tanna, and D.D. Spicer, *Repair of ruptured quadriceps tendon with Leeds-Keio ligament following revision knee surgery*. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2008. **16**(4): p. 370-2.
55. Busfield, B.T., G.R. Huffman, F. Nahai, W. Hoffman, and M.D. Ries, *Extended medial gastrocnemius rotational flap for treatment of chronic knee extensor mechanism deficiency in patients with and without total knee arthroplasty*. Clin Orthop Relat Res, 2004(428): p. 190-7.
56. Burnett, R.S., R.A. Berger, W.G. Paprosky, C.J. Della Valle, J.J. Jacobs, and A.G. Rosenberg, *Extensor mechanism allograft reconstruction after total knee arthroplasty. A comparison of two techniques*. J Bone Joint Surg Am, 2004. **86**(12): p. 2694-9.
57. Roos, E.M., H.P. Roos, L.S. Lohmander, C. Ekdahl, and B.D. Beynnon, *Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS)--development of a self-administered outcome measure*. J Orthop Sports Phys Ther, 1998. **28**(2): p. 88-96.
58. Kessler, S., S. Lang, W. Puhl, and J. Stove, *[The Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score--a multifunctional questionnaire to measure outcome in knee arthroplasty]*. Z Orthop Ihre Grenzgeb, 2003. **141**(3): p. 277-82.
59. Buller, L.T., A.S. McLawhorn, Y.Y. Lee, M. Cross, S. Haas, and S. Lyman, *The Short Form KOOS, JR Is Valid for Revision Knee Arthroplasty*. J Arthroplasty, 2020. **35**(9): p. 2543-2549.
60. Insall, J.N., L.D. Dorr, R.D. Scott, and W.N. Scott, *Rationale of the Knee Society clinical rating system*. Clin Orthop Relat Res, 1989(248): p. 13-4.
61. Cooney, W.P.t., R.J. Sierra, R.T. Trousdale, and M.W. Pagnano, *Revision total knees done for extensor problems frequently require reoperation*. Clin Orthop Relat Res, 2005. **440**: p. 117-21.
62. Park, S.S., E.N. Kubiak, B. Wasserman, S.S. Sathappan, and P.E. Di Cesare, *Management of extensor mechanism disruptions occurring after total knee arthroplasty*. Am J Orthop (Belle Mead NJ), 2005. **34**(8): p. 365-72.

6. Anlagen

Anlage 1: Fragebogen

Die folgenden Fragen beziehen sich auf das Kniegelenk, in dem der Streckapparat in der Charité eingesetzt wurde.

DIE ZEIT VOR DER STRECKAPPARATREKONSTRUKTION

Die Fragen im Folgenden beziehen sich auf die Zeit vor der Streckapparatrekonstruktion.

1) **Wann** zeigten sich erste Symptome, bevor eine Streckapparatrekonstruktion erfolgte?

2) Wurden Sie wegen der Streckapparatrekonstruktion mittels **MarlexMesh** bereits am betreffenden Knie bzw. dem betreffenden Streckapparat operiert?

Ja Nein

3) Wenn **ja**, wann und was wurde bei Ihnen operiert?

4) Gab es im Folgenden weitere Unfälle/Traumata, die dieses Kniegelenk oder den Streckapparat betrafen?

Ja Nein

5) Wenn ja, wann und was haben Sie sich verletzt?

6) Gab es im Folgenden weitere Operationen an diesem Kniegelenk?

Ja Nein

7) Wenn **ja**, wann, in welchem Krankenhaus und was wurde operiert?

DIE ZEIT NACH DER STRECKAPPARATREKONSTRUKTION BIS HEUTE

Alle weiteren Fragen betreffen die Zeit nach der STRECKAPPARATREKONSTRUKTION (ersten) mittels MarlexMesh in unserer Klinik:

9) Traten nach der Streckapparatrekonstruktion mittels MarlexMesh Komplikationen auf? (z.B.: Wundheilungsstörung, Infektionen, Thrombose, Nervenschädigungen, Bewegungseinschränkungen...)

Ja Nein

10) Wenn **ja**, welche Komplikation trat bei Ihnen auf?

11) Mussten Sie nachdem Sie die Streckapparatrekonstruktion mittels MarlexMesh bekommen haben nochmals an diesem Kniegelenk operiert werden?

Ja Nein

12) Wenn **ja**, wann, in welchem Krankenhaus und was wurde bei Ihnen operiert?

13) Musste bei Ihnen der Kniegelenksersatz zwischenzeitlich ausgetauscht/erneuert werden? Oder der Streckapparat erneut rekonstruiert werden?

Ja Nein

14) Wenn **ja**, wann, in welchem Krankenhaus und warum (z.B. Lockerung der KNIE-TEP, Entzündung, Re-Ruptur...)?

15) Ist Ihnen bekannt, welches Operationsverfahren dabei angewandt wurde (MarlexMesh, Allograft-Transplantation, primäre Naht...)?

16) Wann und wo wurde das letzte Röntgenbild der Knie totalprothese angefertigt?

17) Falls diese Aufnahmen nicht in der Charité gemacht wurde bitten wir Sie höflichst, uns Auskunft über Ihre weitere Betreuung im ambulanten Bereich zu geben. Wenn Sie mit einer Kontaktaufnahme durch uns an Ihren behandelnden Arzt einverstanden sind, notieren Sie im Folgenden die Anschrift ihres betreuenden Orthopäden:

Alternativ bitten wir Sie, uns Ihre Aufnahmen mitzubringen falls Sie im Rahmen einer klinischen Nachuntersuchung bei uns vorstellig werden oder sich dazu entschließen, einen Termin zur klinischen Verlaufskontrolle bei uns zu vereinbaren.

Behandelnder Orthopäde:

18) Wünschen Sie zum aktuellen Zeitpunkt eine klinische Verlaufskontrolle Ihres Knies?

Unter **030450515044** können Sie einen Termin hierfür vereinbaren.

Anlage 2: Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score

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.

Falls Sie eine Frage nicht beantworten können, z.B. weil eine sportliche Aktivität nicht mehr möglich ist, lassen Sie die entsprechende Frage bitte aus.

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?

niemals selten manchmal oft immer

S5. Können Sie Ihr Knie ganz beugen?

niemals selten manchmal oft immer

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

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

P2. sich im Knie drehten?

keine schwach mäßig stark sehr stark

P3. Ihr Knie ganz ausstrecken?

keine schwach mäßig stark sehr stark

P4. Ihr Knie ganz beugen?

keine schwach mäßig stark sehr stark

P5. auf ebenem Boden gehen?

keine schwach mäßig stark sehr stark

P6. Treppen herauf oder heruntergehen?

keine schwach mäßig stark sehr stark

P7. nachts im Bett liegen?

keine schwach mäßig stark sehr stark

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

keine schwach mäßig stark sehr stark

P9. aufrecht stehen?

keine schwach mäßig stark sehr stark

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

A2. Treppen hinaufstiegen?

keine wenig einige große sehr große

A3. vom Sitzen aufstanden?

keine wenig einige große sehr große

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 gingen?

keine wenig einige große sehr große

A9. Strümpfe/Socken anzogen?

keine wenig einige große sehr große

A10. vom Bett aufstanden?

keine wenig einige große sehr große

A11. Strümpfe/Socken auszogen?

keine wenig einige große sehr große

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

keine wenig einige große sehr große

A13. in oder aus der Badewanne kamen?

keine wenig einige große sehr große

A14. saßen?

keine wenig einige große sehr große

A15. sich auf die Toilette setzten oder aufstanden?

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

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. hüpften?

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

Anlage 3: Knie Society Score

Functional Score

1.) Gehfähigkeit

- Ich kann unbegrenzt gehen.
- Ich kann mehr als 1 km gehen.
- Ich kann 500 m bis 1000 m gehen.
- Ich kann weniger als 500 m gehen.
- Ich bin an das Haus gebunden.
- Ich kann nicht gehen.

2.) Treppensteigen

- Ich kann normal treppauf und treppab gehen.
- Ich kann normal treppauf gehen, treppab nur mit Geländer.
- Ich gehe treppauf und treppab mit Geländer.
- Ich gehe treppauf mit Geländer, treppab ist nicht möglich.
- Ich kann keine Treppen gehen.

3.) Ich muss folgende Gehhilfen benutzen:

- 1 Gehstock/-stütze
- 2 Gehstöcke/-stützen
- Gehbock/Rollator, Achselstützen etc.

7. Eidesstattliche Versicherung

„Ich, Nils Meißner versichere an Eides statt durch meine eigenhändige Unterschrift, dass ich die vorgelegte Dissertation mit dem Thema: Die Streckapparatrekonstruktion nach Kniotalendoprothese unter der Verwendung eines synthetischen Netzes (Englisch: Extensor mechanism reconstruction after total knee arthroplasty using a synthetic mesh) selbstständig und ohne nicht offengelegte Hilfe Dritter verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel genutzt habe.

Alle Stellen, die wörtlich oder dem Sinne nach auf Publikationen oder Vorträgen anderer Autoren/innen beruhen, sind als solche in korrekter Zitierung kenntlich gemacht. Die Abschnitte zu Methodik (insbesondere praktische Arbeiten, Laborbestimmungen, statistische Aufarbeitung) und Resultaten (insbesondere Abbildungen, Graphiken und Tabellen) werden von mir verantwortet.

Ich versichere ferner, dass ich die in Zusammenarbeit mit anderen Personen generierten Daten, Datenauswertungen und Schlussfolgerungen korrekt gekennzeichnet und meinen eigenen Beitrag sowie die Beiträge anderer Personen korrekt kenntlich gemacht habe (siehe Anteilserklärung). Texte oder Textteile, die gemeinsam mit anderen erstellt oder verwendet wurden, habe ich korrekt kenntlich gemacht.

Meine Anteile an etwaigen Publikationen zu dieser Dissertation entsprechen denen, die in der untenstehenden gemeinsamen Erklärung mit dem/der Erstbetreuer/in, angegeben sind. Für sämtliche im Rahmen der Dissertation entstandenen Publikationen wurden die Richtlinien des ICMJE (International Committee of Medical Journal Editors; www.icmje.org) zur Autorenschaft eingehalten. Ich erkläre ferner, dass ich mich zur Einhaltung der Satzung der Charité – Universitätsmedizin Berlin zur Sicherung Guter Wissenschaftlicher Praxis verpflichte.

Weiterhin versichere ich, dass ich diese Dissertation weder in gleicher noch in ähnlicher Form bereits an einer anderen Fakultät eingereicht habe.

Die Bedeutung dieser eidesstattlichen Versicherung und die strafrechtlichen Folgen einer unwahren eidesstattlichen Versicherung (§§156, 161 des Strafgesetzbuches) sind mir bekannt und bewusst.“

Datum

Unterschrift

8. Anteilserklärung an etwaigen erfolgten Publikationen

Nils Meißner hatte folgenden Anteil an der folgenden Publikation:

M. Fuchs, C. Gwinner, **N. Meißner**, T. Pfitzner, C. Perka, P. von Roth: *Therapy of chronic extensor mechanism deficiency after total knee arthroplasty using a monofilament polypropylene mesh*. Front Surg, 2022. **9**: p. 1000208. Impact Factor 2.568

- Patientenrecherche: Auswertung der OP-Bücher und Erfassung der Patienten
- Nachuntersuchung in der Orthopädischen Sprechstunde der Charité Universitätsmedizin Berlin
- Datenerfassung der klinischen Ergebnisse
- Datenauswertung

Unterschrift, Datum und Stempel des erstbetreuenden Hochschullehrers

Unterschrift des Doktoranden

9. Lebenslauf

Mein Lebenslauf wird aus datenschutzrechtlichen Gründen in der elektronischen Version meiner Arbeit nicht veröffentlicht.

10. Publikationsliste

M. Fuchs, C. Gwinner, **N. Meißner**, T. Pfitzner, C. Perka, P. von Roth: *Therapy of chronic extensor mechanism deficiency after total knee arthroplasty using a monofilament polypropylene mesh*. Front Surg, 2022. **9**: p. 1000208.

11. Danksagung

Ich möchte mich bei Privatdozent Dr. med. Philipp von Roth für die Überlassung des Promotionsthemas bedanken. Ich bin dankbar für die wertvollen Anregungen und konstruktiven Gespräche und dass er mich sehr unabhängig hat arbeiten lassen.

Ein weiterer Dank gilt Professor Dr. med. Carsten Perka als Ärztlicher Direktor und Chefarzt des Centrums für Muskuloskeletale Chirurgie (CMSC) der Charité Universitätsmedizin Berlin.

Ein besonderer Dank gilt außerdem Dr. med. Daniel Schrednitzki und Professor Dr. med. Andreas Halder, die mich bei der Vollendung dieser Dissertation und bei der Durchführung weiterer Studien tatkräftig unterstützen.

Ein ganz besonderer Dank gilt zudem meiner Familie. Mit ihrer stetigen Unterstützung und dem entgegengebrachten Verständnis haben sie zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen.

12. Bescheinigung des akkreditierten Statistikers



CharitéCentrum für Human- und Gesundheitswissenschaften

Charité | Campus Charité Mitte | 10117 Berlin

Institut für Biometrie und klinische Epidemiologie (iBikE)

Direktor: Prof. Dr. Geraldine Rauch

Name, Vorname: Meißner, Nils
Emailadresse: nils.meissner@charite.de
Matrikelnummer: 222701
PromotionsbetreuerIn: Priv.-Doz. Dr. med. Philipp von Roth
Promotionsinstitution: Centrum für Muskuloskeletale
Chirurgie (CMSC)

Postanschrift:
Charitéplatz 1 | 10117 Berlin
Besucheranschrift:
Reinhardtstr. 58 | 10117 Berlin
Tel. +49 (0)30 450 562171
geraldine.rauch@charite.de
<https://biometrie.charite.de/>



Bescheinigung

Hiermit bescheinige ich, dass Herr *Nils Meißner* innerhalb der Service Unit Biometrie des Instituts für Biometrie und klinische Epidemiologie (iBikE) bei mir eine statistische Beratung zu einem Promotionsvorhaben wahrgenommen hat. Folgende Beratungstermine wurden wahrgenommen:

- Termin 1: 08.04.2022

Folgende wesentliche Ratschläge hinsichtlich einer sinnvollen Auswertung und Interpretation der Daten wurden während der Beratung erteilt:

- Darstellung der Ergebnisse
- Verwenden eines nicht-parametrischer Tests (Wilcoxon's Signed Rank Test) ist für den Vergleich von prä- zu post-operativ

Diese Bescheinigung garantiert nicht die richtige Umsetzung der in der Beratung gemachten Vorschläge, die korrekte Durchführung der empfohlenen statistischen Verfahren und die richtige Darstellung und Interpretation der Ergebnisse. Die Verantwortung hierfür obliegt allein dem Promovierenden. Das Institut für Biometrie und klinische Epidemiologie übernimmt hierfür keine Haftung.

Datum: 25.04.2022

Name des Beraters: Lukas Mödl

Unterschrift BeraterIn, Institutsstempel

