

Diplomarbeit

**Klinisches Outcome nach Implantation einer
„low-contact-stress“ Knie-Totalendoprothese**

Ein 20 Jahre Follow-up

eingereicht von

Sophie Anna Plakolb

zur Erlangung des akademischen Grades

Doktorin der gesamten Heilkunde

(Dr.⁽ⁱⁿ⁾ med. univ.)

an der

Medizinischen Universität Graz

ausgeführt an der

Universitätsklinik für Orthopädie und Traumatologie

unter der Anleitung von

Assoz. Prof. Priv.-Doz. Dr. med.univ. et scient.med. Patrick Sadoghi

Dr. med.univ. Amir Koutp

Graz, 20.11.2024

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst habe, andere als die angegebenen Quellen nicht verwendet habe und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Des Weiteren erkläre ich hiermit, dass, sofern bei der Erstellung dieser Arbeit Künstliche Intelligenz (KI) Werkzeuge zur Generierung und/oder Korrektur bestimmter Textpassagen verwendet wurden, dieser Einsatz unter Einhaltung ethischer Grundsätze, akademischer Integrität und den Vorgaben meiner Universität erfolgte, sowie in Folge dies transparent gemacht und in angemessener Weise gekennzeichnet wurde.

Graz, am 20.11.2024

Sophie Anna Plakolb eh.

Danksagungen

Zunächst gilt ein besonderer Dank meinen Betreuern, PD Dr. Patrick Sadoghi und Dr. Amir Koutp, welche mich mit ihrer fachlichen Expertise und Rat bei meiner Diplomarbeit unterstützt haben und mir geduldig zur Seite standen. Vielen Dank, ohne diese Hilfe wäre diese Arbeit nicht möglich gewesen!

Ich möchte mich auch bei meinen Eltern, meiner Familie und meinem Freund Mathias für die bedingungslose Unterstützung, sowohl emotional als auch finanziell, während meines gesamten Studiums in Graz bedanken. Danke, dass ihr mir das ermöglicht und immer an mich geglaubt habt und für eure ermutigenden und aufbauenden Worte, wenn ich sie gebraucht habe.

Auch allen lieb gewonnenen Freundinnen und Freunden möchte ich danke sagen, welche mich auf meinem Weg durch das Studium in Graz begleitet und diese Zeit so schön und unvergesslich gemacht haben.

Zusammenfassung

Einleitung

Die operative Therapie der Wahl bei schwerer Kniegelenkarthrose ist die Implantation einer Knie-Totalendoprothese (KTEP). Trotz anatomischer Unterschiede wurden bisher beide Geschlechter mit einer Standardprothese versorgt. In den letzten Jahren wurden geschlechtsspezifische Prothesen entwickelt, die diese Unterschiede berücksichtigen. Diese Studie untersucht, ob eine Low-Contact-Stress (LCS) Knie-Standardprothese bei Männern und Frauen 20 Jahre nach Implantation gleich gute Ergebnisse hinsichtlich Lebensqualität, klinischem Ergebnis und Komplikationen erzielt und ob in weiterer Folge die Einführung einer geschlechtsspezifischen Prothese gerechtfertigt oder sogar notwendig ist. (1, 2)

Material und Methoden

Es handelt sich um eine retrospektive Level-III-Kohortenstudie. Für diese Studie wurden dieselben 108 Patientinnen und Patienten der Vorgängerstudie von Kastner et al. (3) aus der Klinikdatenbank Medocs erneut rekrutiert. Nach Ausschluss von 91 Personen aufgrund von Todesfällen und weiteren 2 aufgrund von Komplikationen, reduzierte sich die Teilnehmerzahl auf 15 Probandinnen und Probanden (2 Männer, 13 Frauen) mit insgesamt 15 Prothesen.

Untersucht wurde, wie sich das klinische Outcome 20 Jahre nach der Implantation der LCS-Knieprothese entwickelt hat und ob sich Unterschiede in den Ergebnissen zwischen Männern und Frauen gezeigt haben. Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer wurden klinisch und anamnestisch hinsichtlich WOMAC, KSS, VAS und ROM evaluiert. War eine Untersuchung vor Ort aufgrund eingeschränkter Mobilität nicht möglich, erfolgte die Befragung telefonisch. Die Daten wurden mit SPSS[®] ausgewertet, wobei ein P-Wert < 0,05 als statistisch signifikant galt.

Aufgrund der geringen Zahl der männlichen Teilnehmer konnte ein direkter und aussagekräftiger Vergleich zwischen Männern und Frauen nicht durchgeführt werden. Daher wurde primär die Lebensqualität der weiblichen Teilnehmerinnen anhand von WOMAC und KSS zwischen 10 und 20 Jahren nach KTEP-Implantation verglichen.

Ergebnisse

Die Ergebnisse der Frauen von WOMAC und KSS Schmerz waren sowohl 10 als auch 20 Jahre nach der Implantation einer LCS-KTEP ähnlich. Lediglich im KSS Funktion zeigte sich eine statistisch signifikante Abnahme, welche jedoch in erste Linie auf altersbedingte Faktoren (Gehhilfe, verringerte maximale Gehstrecke) zurückzuführen ist. In der weiblichen Kohorte wurde keine wesentliche Verschlechterung der Lebensqualität festgestellt, welche auf die Knieprothese zurückzuführen wäre.

Aufgrund der begrenzten Stichprobengröße konnte durch diese Studie keine definitive Aussage hinsichtlich geschlechtsspezifischer Unterschiede im klinischem Outcome nach Implantation einer LCS-KTEP getroffen werden.

Die klinischen Ergebnisse der Frauen waren 20 Jahre nach der Implantation ähnlich gut wie bei der 10-Jahres-Nachbeobachtung. Die Notwendigkeit einer geschlechtsspezifischen Knieprothese wird durch diese Ergebnisse nicht bestätigt. Weitere Untersuchungen mit größeren und ausgewogenen Stichproben sind deshalb erforderlich.

Diskussion

Die Studie trägt zur bestehenden Literatur bei, indem sie zeigt, dass das klinische Outcome bei Frauen auch nach 20 Jahren dem Ergebnis von 10 Jahren postoperativ ähnelt und dass anatomische Unterschiede zwischen den Geschlechtern nicht zwangsläufig zu unterschiedlichen klinischen Ergebnissen bei Knie-Totalendoprothesen führen.

Zu den Limitationen der Studie gehören die relativ kleine Stichprobengröße und der retrospektive Charakter der Studie, welche die statistische Aussagekraft und Verallgemeinerbarkeit der Ergebnisse beeinträchtigt haben könnten. Künftige Forschungsarbeiten könnten andere Faktoren (z. B. Größe, Gewicht, sportliche Aktivität usw.), welche die Ergebnisse einer KTEP beeinflussen, untersuchen sowie längere Nachbeobachtungszeiträume mit ursprünglich jüngeren Patienten in Betracht ziehen, um die Nachhaltigkeit dieser Ergebnisse in der klinischen Praxis zu bewerten.

Abstract

Introduction

The preferred surgical treatment for severe knee osteoarthritis is total knee arthroplasty (TKA). Despite anatomical differences, both genders have traditionally been provided with a standard prosthesis. In recent years, gender specific prostheses have been developed to address these anatomical variations. However, it has not been clearly proven yet that these specialized prostheses offer superior clinical outcome compared to conventional implants. The objective of this study was to investigate whether the implantation of a conventional Low-Contact-Stress (LCS) total knee arthroplasty (TKA) achieves comparable outcomes in terms of quality of life, clinical results, and complications for both men and women 20 years post-implantation. Additionally, the study aimed to determine whether the introduction of gender-specific TKAs, which consider the anatomical differences between genders, is justified and necessary.

Materials and Methods

This retrospective Level III cohort study re-recruited the same 108 patients from the previous study by Kastner et al. (3) from the clinic database Medocs. After excluding 91 patients due to death, 3 men and 14 women were identified for our follow-up study. However, 2 more individuals were excluded due to complications such as revision surgeries, reducing the sample size to 15 participants with a total of 15 prostheses, including 2 men and 13 women.

The study assessed the clinical outcome 20 years after the implantation of the LCS knee prosthesis and examined whether there were any differences in the results between man and woman. The participants were evaluated clinically and anamnesticly regarding WOMAC, KSS, VAS, and ROM. If an on-site examination was not possible due to limited mobility, patients were interviewed by telephone. The data were analyzed using SPSS[®], with a p-value < 0.05 considered statistically significant.

Due to the small number of male participants, a direct and valuable comparison between men and women could not be made. Therefore, the primary focus was on comparing the quality of life of the female participants using WOMAC and KSS scores between 10 and 20 years post-implantation.

Results/Conclusion

WOMAC and KSS "Pain" scores in women were similar at both 10 and 20 years post-TKA. However, the KSS "Function" score showed a statistically significant reduction, primarily due to age-related factors. In the female cohort, no significant impairment in quality of life as a result of the knee prosthesis was observed.

This study was unable to confirm gender-specific differences in TKA outcomes due to the limited sample size. Women maintained a good clinical outcome 20 years post-implantation, similar to the 10-year follow-up. The necessity for gender-specific knee prostheses is not supported by these findings due to lack of statistic power, therefore further research with larger and balanced samples is required.

Discussion

The study contributes to the existing literature by demonstrating that the clinical outcomes for women 20 years after surgery are similar to those observed at the 10-year postoperative follow-up. It also shows that anatomical differences between genders do not necessarily lead to differential clinical outcomes in the context of total knee arthroplasty.

Limitations include the relatively small sample size and retrospective nature of the study, which may have affected the statistical power and generalizability of the findings. Future research could explore other factors (e.g. height, weight, ...) influencing TKA outcomes and consider longer follow-up periods with initially younger patients to assess the durability and sustainability of these findings in clinical practice.

Angaben von bereits erfolgten Veröffentlichungen

Es haben zuvor keine Veröffentlichungen stattgefunden.

Inhaltsverzeichnis

Danksagungen	III
Zusammenfassung	IV
Abstract	VI
Angaben von bereits erfolgten Veröffentlichungen	VIII
Inhaltsverzeichnis	IX
Abkürzungen und deren Erklärung	1
Abbildungsverzeichnis	2
Tabellenverzeichnis	4
1 Einleitung	5
1.1 Anatomie des Kniegelenks	7
Knöchernen Strukturen	7
Knorpel und Menisken	9
Bandapparat	10
Bewegungsumfang	14
1.2 Geschlechtsunterschiede	16
1.3 Gonarthrose	17
Definition	17
Epidemiologie	17
Ätiologie und Pathogenese	17
Einteilung/Formen	18
Differentialdiagnosen	18
Klinik und Diagnostik	19
Klassifikation der Arthrose	21
Therapie	21
1.4 Knieendoprothetik	26
Entwicklung	26
Indikationen	26
Kontraindikationen	27
Arten der Knieprothese	27
Operationstechnik des Kniegelenkersatzes	30
Komplikationen	31
2 Material und Methoden	33

	Einführung und Hintergrund	33
	Studiendesign und Rekrutierung	33
	Bewertung der Ergebnisse.....	35
	Statistische Analyse.....	35
3	Ergebnisse	36
	Demographische Daten	36
	Lebensqualität und klinische Parameter.....	38
4	Diskussion	42
	Schlussfolgerung	44
5	Literaturverzeichnis.....	45
	Anhang	48

Abkürzungen und deren Erklärung

a.p. = anterior-posterior (Röntgenstrahlbezeichnung, Richtungsbezeichnung)

Art. = Articulatio (lat. Gelenk)

KSS = Knee-Society-Score

KTEP = Knie-Totalendoprothese

LCS = Low-contact-stress

Lig. = Ligamentum (lat. Band)

Ligg. = Ligamentaria (plural lat. Band)

M. = Musculus (lat. Muskel)

Mm. = Muskuli (plural lat. Muskel)

m.l. = medio-lateral (Richtungsbezeichnung)

MPFL = Lig. patellofemorale mediale

N. = Nervus (lat. Nerv)

NSAR = Nicht-steroidale-Antirheumatika

OCT = osteochondrale Transplantationen

ROM = Range of Motion (Bewegungsumfang)

SPSS[®] = Statistical Package für Social Sciences[®]

TKA = Total knee arthroplasty

TVT = tiefe Beinvenenthrombose

VAS = Visual analogue scale

WOMAC = Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: knöchernen Strukturen des Kniegelenks a. Ansicht von ventral b. Ansicht von dorsal (© Georg Thieme Verlag KG (15)).....	8
Abbildung 2: Menisken des Kniegelenks (18).....	9
Abbildung 3: Kniegelenk mit Bändern und Menisken in seitlicher Ansicht: a. gestrecktes Knie (18)	11
Abbildung 4: Mikulicz-Linie (Traglinie des Beines) (18)	13
Abbildung 5: Bewegungen im Kniegelenk: a. Flexion und Extension, b. Rotation (18)....	14
Abbildung 6: Verlagerung der transversalen Achse bei Roll-Gleit-Bewegung im Kniegelenk (18).....	15
Abbildung 7: schematische Darstellung der Roll-Gleit-Bewegung des Femurs (24).....	15
Abbildung 8: Q-Winkel (Zeichnung adaptiert von (27))	16
Abbildung 9: valgusierende Tibiakopfosteotomie: a. präoperatives Röntgenbild: Mikulicz-Linie (a), Verlagerung der Achse (b), Osteotomiekeil (c); b. postoperatives Röntgenbild mit Osteosynthesematerial (16).....	24
Abbildung 10: Kniegelenkprothese: a. Unikondylärer Oberflächenersatz; b. Bikondylärer Oberflächenersatz; c. langstielige Scharnierprothese (z.B. bei Revision) (17).....	28

Figure 1: Vergleich WOMAC der weiblichen Teilnehmerinnen 10 Jahre vs. WOMAC 20 Jahre nach Implantation einer LCS-KTEP	38
Figure 2: Vergleich KSS der weiblichen Teilnehmerinnen 10 Jahre vs. WOMAC 20 Jahre nach Implantation einer LCS-KTEP	40

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: radiologische Einteilung der Arthrose nach Kellgren und Lawrence (17)	21
Tabelle 2: Demographische Daten zu Geschlecht, Alter und Follow-up-Zeit (Durchschnitt; (min – max)).....	36
Tabelle 3: Vergleich WOMAC-Score (Mittelwert; SD) zwischen Männern und Frauen 20 Jahre nach Implantation der LCS-KTEP	38
Tabelle 4: Vergleich WOMAC (Mittelwert; SD) der weiblichen Teilnehmerinnen 10 vs. 20 Jahre nach Implantation einer LCS-KTEP	38
Tabelle 5: Vergleich KSS Schmerz (Mittelwert; SD) zwischen Männer und Frauen 20 Jahre nach Implantation einer LCS-KTEP	39
Tabelle 6: Vergleich KSS Funktion (Mittelwert; SD) zwischen Männern und Frauen 20 Jahre nach Implantation einer LCS-KTEP	39
Tabelle 7: Vergleich des KSS (Mittelwert; SD) der weiblichen Teilnehmerinnen 10 vs. 20 Jahre nach Implantation einer LCS-KTEP	40
Tabelle 8: Vergleich VAS (Mittelwert; SD) zwischen Männern und Frauen 20 Jahre nach Implantation einer LCS-KTEP	41
Tabelle 9: Vergleich ROM (Mittelwert; SD) zwischen Männern und Frauen 20 Jahre nach Implantation einer LCS-KTEP	41

1 Einleitung

Die Anatomie des menschlichen Kniegelenks unterscheidet sich zwischen Männer und Frauen. (4-6) Obwohl Frauen häufiger von einer Kniegelenkarthrose betroffen sind (7), wurden bisher beide Geschlechter bei schwerer Kniegelenkarthrose mit einer Standardprothese in unterschiedlichen Größen versorgt, die sich anatomisch eher am männlichen Knie orientiert. Die Suche nach individuellen Lösungen für einzelne Patientinnen und Patienten führte auch in der Orthopädie im Bereich der Endoprothetik in den letzten Jahren zur Entwicklung einer geschlechtsspezifischen Kniegelenkprothese, welche die anatomischen Unterschiede nicht nur hinsichtlich Größe des Kniegelenkes zwischen Mann und Frau berücksichtigt. Mit der heutigen Studienlage kann noch nicht eindeutig nachgewiesen werden, dass mit dieser speziellen Prothese auch ein besseres klinisches Outcome erzielt werden kann als mit herkömmlichen Gelenkprothesen. Bisherige Studien deuten darauf hin, dass Frauen auch in der derzeitigen Versorgung ein ähnlich gutes oder teilweise sogar besseres Ergebnis als Männer erzielen können. (3, 8-11) Langfristige Ergebnisse oder Auswirkungen auf Prothesenlockerung etc. stehen derzeit noch aus. Die Frage, ob diese individuelle Lösung deshalb wirklich notwendig ist und nicht nur rein wirtschaftliche Vorteile mit sich bringt, kann also noch nicht eindeutig beantwortet werden. Das Ziel dieser Arbeit ist es herauszufinden, ob sich 20 Jahre nach Implantation einer „low-contact-stress“ Knie-Totalendoprothese Unterschiede im geschlechtsspezifischen Outcome finden lassen und ob es somit in weiterer Folge eine Notwendigkeit für die Einführung einer geschlechtsspezifischen Knie-Totalendoprothese gibt.

Kastner et al. (3) untersuchte 2014 am Universitätsklinikum für Orthopädie und Traumatologie in Graz 108 Patientinnen und Patienten mit 138 Prothesen 10 Jahre nach Implantation einer LCS-Knie-Totalendoprothese und sie kamen dabei zum Ergebnis, dass sich das klinische Outcome nicht signifikant zwischen männlichem und weiblichem Geschlecht unterscheidet. Da eine Knieprothese jedoch meistens eine längere Lebenszeit als 10 Jahre hat (12) und es nicht auszuschließen ist, dass sich Komplikationen oder Nachteile für Frauen erst im späteren Verlauf zeigen würden, hat diese Arbeit nun zum Ziel, das geschlechtsspezifische Outcome nach 20 Jahren am selben Patientenkollektiv erneut zu evaluieren.

In der vorliegenden Arbeit möchte ich für ein besseres Verständnis der Problematik zuerst allgemeine anatomische Gegebenheiten und Geschlechtsunterschiede des Kniegelenks darlegen und generelle Aspekte der Kniegelenkarthrose und dessen konservative sowie operative Therapiemöglichkeiten erklären.

Im Hauptteil werden die Studienergebnisse erläutert und diskutiert.

1.1 Anatomie des Kniegelenks

Als größtes Gelenk des menschlichen Körpers setzt sich das Kniegelenk aus drei verschiedenen Knochen zusammen: Femur (Oberschenkelknochen), Tibia (Unterschenkelknochen) und Patella (Kniescheibe) (*Abbildung 1*). Im Zusammenspiel dieser drei Knochen bilden sich zwei verschiedene Gelenkkompartimente: zum einen die Art. femorotibialis (Femorotibialgelenk), bestehend aus den Gelenkflächen von Femur und Tibia, und zum anderen die Art. femoropatellaris (Femoropatellargelenk) mit Femur und Patella. Die große gemeinsame Gelenkkapsel schließt beide Gelenke mit ein. Zusätzlich wird das Gelenk als Ganzes durch Bänder, Muskeln und Menisken stabilisiert und geführt. Das Kniegelenk gilt als Drehscharniergelenk und ermöglicht so eine Beugung und Streckung des Beines in der Transversalachse, sowie eine leichte Drehbewegung in der Longitudinalachse und die Schlussrotation im Kniegelenk. (13-16)

Knöcherne Strukturen

Femur

Als größter und stärkster Knochen des Menschen gilt das Femur. Der Schaft des Knochens weist eine dorsale, konkave Krümmung auf. Am proximalen Ende befindet sich der abgewinkelte Femurhals, der in den Femurkopf übergeht und schlussendlich mit dem Beckenknochen das Hüftgelenk bildet. Das distale Ende des Oberschenkels ist breiter und geht in zwei Rollen (Condylus medialis und lateralis) über, welche von Gelenkknorpel überzogen sind. Die konvexe Krümmung der Condylen nimmt von ventral nach dorsal zu und von medial nach lateral ab. Von der Seite her betrachtet ähnelt das Krümmungsprofil annähernd einer Spirale. An der Rückseite sind die zwei Gelenkflächen getrennt (Fossa intercondylaris), an der Vorderseite des Femurs verbinden sie sich zu einer sattelähnlichen Gleitfläche für die Kniescheibe. Oberhalb der Condylen befinden sich raue Erhebungen, welche den Seitenbändern (Ligg. collaterale) und dem M. popliteus als Ursprung dienen. (13, 14) Als Antetorsionswinkel bezeichnet man die physiologische Verdrehung des Collum femoris gegen die transversale Achse des Kniegelenkes, dieser beträgt ca. 12°. (14)

Tibia

Die Tibia ist der tragende Knochen des Unterschenkels und hat einen kräftigen, dreieckigen Korpus. Nach distal hin bildet das Schienbein gemeinsam mit dem Wadenbein das obere Sprunggelenk. Proximal läuft die Tibia zu den beiden Condylen aus, welche die mit dem Femur artikulierenden Gelenkflächen tragen. Zwischen diesen Gelenkflächen liegt eine

Erhöhung mit zwei Höckern (Tuberculum intercondylaris anterior und posterior), an denen die beiden Kreuzbänder (Ligg. cruciatae) ansetzen. An der Vorderseite der Tibia befindet sich die Tuberositas tibiae, welche als Ansatzstelle für das Lig. patellae dient. (14)

Patella

Die Patella gilt als das größte Sesambein des Menschen. Sie ist in die Sehne des M. quadriceps femoris eingelagert und fungiert hier als Hypomochlion, dadurch erhält der Muskel einen günstigeren Ansatzwinkel. Von vorne betrachtet hat die Patella eine annähernd keilförmige Form mit nach unten zeigender, abgerundeter Spitze (Apex patellae). Hier setzt das Lig. patellae an und zieht zur Tuberositas Tibiae. Die Patellarückfläche hat aufgrund ihrer hohen mechanischen Belastung durch die Art. Femoropatellaris einen dicken Knorpelüberzug. Die Gelenkfläche ist durch eine flache Leiste in eine mediale und eine laterale Gelenkfacette getrennt und mit der Gelenkfläche des Femurs in Beziehung. Je nach Stellung des Kniegelenks artikuliert in Beugung eher der obere Teil der Patella mit der femoralen Gelenkfläche und in Streckung der untere Patellaanteil. (13, 14, 16)

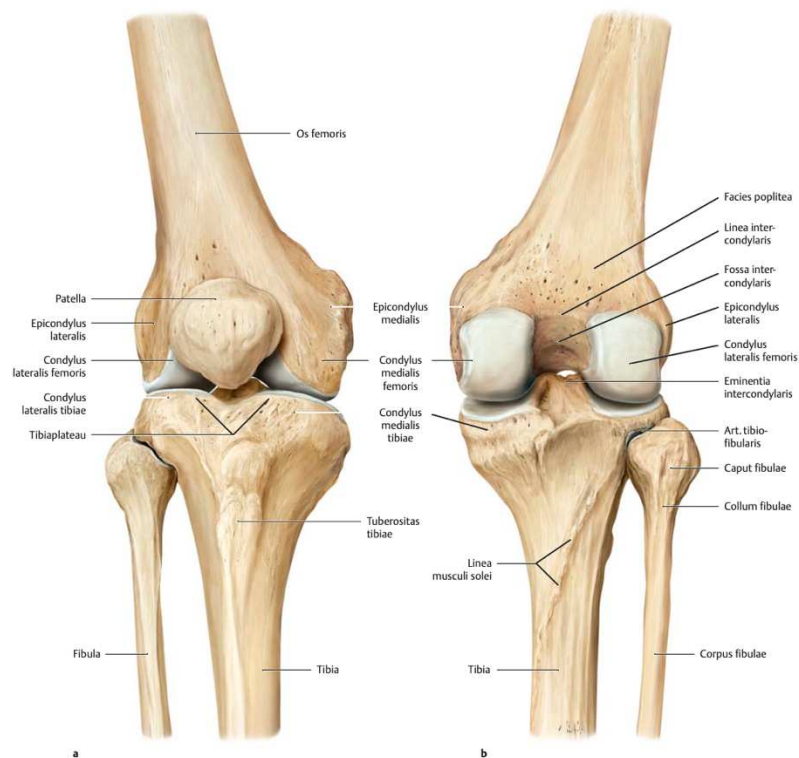


Abbildung 1: knöchernen Strukturen des Kniegelenks a. Ansicht von ventral b. Ansicht von dorsal (© Georg Thieme Verlag KG (15))

Knorpel und Menisken

Die Gelenkflächen von Femur, Tibia und Patella bestehen aus hyalinem Knorpel, welcher durch seine glatte Oberfläche für ein reibungsfreies Gleiten im Gelenk sorgt. Der Knorpel hat aufgrund seiner histologischen Beschaffenheit eine druckabsorbierende Funktion und schützt so den subchondralen, darunterliegenden Knochen. Ernährt wird der Gelenkknorpel über die Synovia (Gelenkflüssigkeit) und das subchondrale Knochengewebe. Durch Bewegung im Gelenk kommt es zu wechselnden Be- und Entlastungen des Knorpels. Diese Pumpbewegungen sorgen für die Versorgung des Knorpels mit Nährstoffen und den Abtransport der Stoffwechselprodukte. (14, 16)

Um die Inkongruenz der artikulierenden Gelenkflächen von Femur (konvexe Femurkondylen) und Tibia (das Tibiaplateau ist medial bikonkav, lateral hingegen sowohl konvex als auch konkav) auszugleichen, besitzt das Kniegelenk zwei Menisken (*Abbildung 2*). Hierbei handelt es sich um zwei C-förmige Gelenkscheiben aus Faserknorpel, welche keilförmig zur Mitte hin dünner werden und eine breite Basis am Gelenkrand aufweisen. Sie sorgen für Stabilität und dämpfen die einwirkenden Kräfte auf das Knie. Der mediale Meniskus, oder auch Innenmeniskus, hat eine Sichelform und ist hinten breiter als vorne. Er ist im hinteren Anteil mit dem medialen Seitenband (Lig. collaterale tibiae) verwachsen und dadurch anfälliger für Verletzungen. Der laterale Meniskus, oder Außenmeniskus, hingegen ist beinahe kreisförmig und hat einen deutlich kleineren Krümmungsradius. Das Vorder- und Hinterhorn ist beim Außenmeniskus in etwa gleich dick. Durch die auch enger beieinanderliegenden Hörner wird eine größere Mobilität ermöglicht. Die Ligg. meniscotibialia anterius und posterius fixieren den medialen Meniskus in der Area intercondylaris an der Tibia, die Ligg. meniscomfemoralia den lateralen Meniskus am medialen Femurkondyl. Die beiden Menisken selbst sind durch das Lig. transversum genus verbunden. (13, 14, 16-18)

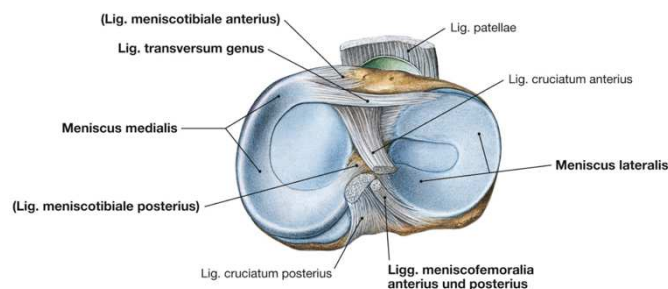


Abbildung 2: Menisken des Kniegelenks (18)

Bandapparat

Lig. patellae

Die Quadrizepssehne setzt an der Patellabasis und -vorderfläche an und geht dann in das Lig. patellae über. Dieses inseriert an der Tuberositas tibiae am Unterschenkelknochen. Gemeinsam mit der Patella und der Quadrizepssehne sorgt es für einen günstigeren Krafthebel des M. Quadrizeps femoris. (19)

Lig. collaterale tibiae und fibulae

Die Kollateralbänder sorgen in der Frontalebene für eine mediale und laterale Stabilität des Kniegelenks vor allem in Streckstellung und bremsen die Außenrotation im Kniegelenk. Bei Beugung sind die beiden Bänder entspannt und eine leichte Rotation ist möglich. Das breitflächige, mediale Kollateralband (Lig. collaterale tibiae) verläuft vom medialen Epikondylus des Femurs zum Condylus medialis der Tibia und inseriert knapp hinter dem Pes anserinus superficialis. Es ist mit Gelenkkapsel und Innenmeniskus fest verwachsen. Bei Beugung und Streckung werden jeweils unterschiedliche Anteile des Bandes belastet. Beim lateralen Kollateralband (Lig. collaterale fibulae) handelt es sich um ein rundliches Band, welches außerhalb des Gelenkes vom Epikondylus lateralis femoris bis zum Fibulakopf verläuft. (16, 19, 20)

Lig. Cruciatum anterius und posterius

Die beiden ca. 4 cm langen Kreuzbänder sorgen für eine Stabilisierung des Kniegelenkes in der Sagittalebene. Sie verhindern also eine Verschiebung der Tibia nach vorne bzw. hinten. Zusätzlich hat das vordere Kreuzband (VKB, Lig. cruciatum anterius) eine hemmende Wirkung auf die Innenrotation. Es erstreckt sich von der medialen Fläche des lateralen Femurkondyls zur vorderen, interkondylären Fläche der Tibia und kreuzt das Lig. cruciatum posterius im rechten Winkel. Das hintere Kreuzband (HKB, Lig. cruciatum posterius) ist der wichtigste Stabilisator des Kniegelenks und ist deutlich kräftiger als das vordere Kreuzband. Es zieht von der hinteren, lateralen Fläche des medialen Femurkondyls zur Area intercondylaris posterior der Tibia. Die Kreuzbänder haben neben der Stabilität auch noch eine nozizeptive Funktion. (15, 19)

Lig. popliteum obliquum und arcuatum

Der dorsale Bandapparat, bestehend aus Lig. popliteum obliquum und arcuatum, der Sehne des M. semimembranosus mit Pes anserinus profundus sowie der medialen und lateralen Polkappe, verhindert eine Überstreckung des Kniegelenks und stabilisiert zusätzlich in der Frontalebene. (19)

Retinaculum patellae longitudinale mediale und laterale

Jeweils medial und lateral des Lig. patellae verlaufen Fasern der Faszie und Sehne des M. quadrizeps femoris zur Tibia. Dieses Retinaculum patellae longitudinale bildet eine aktive Stabilisation des Knies und wird auch als „Reservestreckapparat“ bezeichnet. (19-21)

Retinaculum patellae transversale mediale und laterale

Die Retinaculae patellae transversale (Lig. patellofemorale mediale/laterale und Lig. patellotibiale mediale/laterale) verlaufen unterhalb des Retinaculum patellae longitudinale und sind verstärkte Bandzüge, die die Patella führen, stabilisieren und in ihrem Gleitlager zentralisieren. Das mediale patellofemorale-Ligament (MPFL) verhindert eine Dislokation der Patella nach lateral und ist funktionell besonders wichtig. (19, 21)

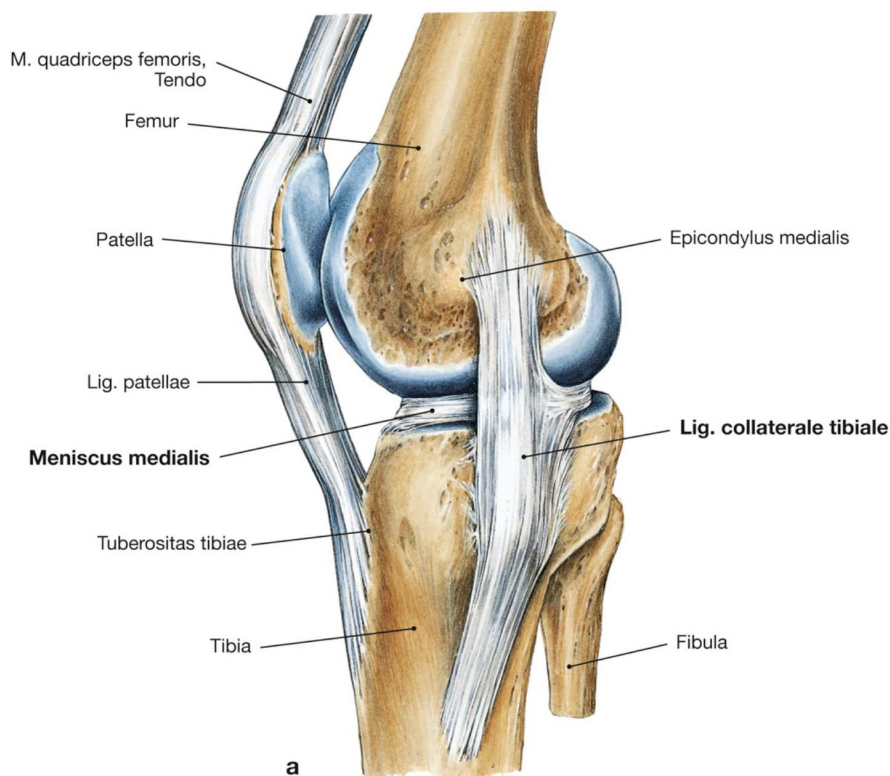


Abbildung 3: Kniegelenk mit Bändern und Menisken in seitlicher Ansicht: a. gestrecktes Knie (18)

Sehnen und Muskeln

Gemeinsam mit den ligamentären Strukturen (*Abbildung 3*) sorgen Muskeln im Kniegelenk abgesehen von einer Bewegungsfunktion auch für eine dynamische Stabilisierung. Bänder und Muskeln wirken gemeinsam und teilweise überlappend, sodass beispielsweise trainierte Muskulatur ligamentäre Ausfälle bis zu einem gewissen Grad kompensieren kann. (16)

Vordere Stabilisation

Der M. quadriceps sorgt gemeinsam mit seiner Quadrizepssehne, dem Lig. Patellae und vor allem dem vorderen Kreuzband für eine Stabilisation des Kniegelenkes nach ventral. (19)

Hintere Stabilisation

Das hintere Kreuzband wird durch den M. gastrocnemius, M. popliteus und M. semimembranosus in seiner Stabilisierung nach posterior unterstützt. Ab einer Beugung von 60° im Kniegelenk sorgt vor allem das hintere Kreuzband aufgrund zunehmender Bandspannung im Vergleich zum vorderen Kreuzband für die nötige Stabilität in der sagittalen Ebene. (16)

Mediale Stabilisation

Der Pes anserinus superficialis setzt als gemeinsame, sehnige Ansatzstelle der Mm. semitendinosus, gracilis, und sartorius direkt ventral des medialen Seitenbandes an und fungiert als zusätzlicher medialer Stabilisator des Kollateralbandes. In Streckstellung liegt dieser Sehnenzügel wie eine zusätzliche äußere Schicht dem Lig. collaterale mediale auf. (20)

Laterale Stabilisation

Der M. tensor fasciae latae wirkt mit seinem Tractus iliotibialis synergistisch als laterales Seitenband. Muskulär wird die laterale Stabilisation auch noch von M. biceps femoris und M. popliteus unterstützt. (16, 20)

Funktionelle Anatomie

Retroversionswinkel

Die Gelenkfläche der Tibia weicht nach dorsal hin ab und bildet mit der horizontalen Ebene einen Winkel, auch Retroversionswinkel oder „tibial slope“ genannt. Er beträgt im Durchschnitt ca. 4-6°, unterliegt in Studien jedoch starken Schwankungen (-9° bis 16°). Dieser Winkel beeinflusst den Bewegungsumfang im Knie, bestimmt die Translation der Tibia und korreliert mit der Belastung der beiden Kreuzbänder. Im Bereich der Endoprothetik ist dieser Winkel bedeutsam, da durch seine Änderung die postoperative Biomechanik und der Bewegungsumfang des Kniegelenkes beeinflusst werden kann. (13, 22)

Anatomische Beinachse

Die anatomische Beinachse stimmt mit den beiden Mittschafflinien von Tibia und Femur überein und bildet einen Winkel von ca. 174°. (23)

Mechanische Beinachse

Die mechanische Beinachse, oder auch Mikulicz-Linie genannt, verläuft vom Hüftkopfbis zum Kniegelenkzentrum und schließt mit der anatomischen Beinachse einen Winkel von ca. 6° ein. Bei Vorliegen einer physiologischen Beinachse ist diese Linie um 4 mm nach medial vom Kniegelenkzentrum versetzt. Eine Achsenfehlstellung würde die Mikulicz-Linie entweder in das mediale Kniekompartement verschieben (Genu varum, O-Bein) oder eine Verlagerung nach lateral (Genu valgum, X-Bein) bewirken (Abbildung 4). Einige Ursachen für solche Beinachsenfehlstellungen können beispielsweise angeborene Hüftfehlstellungen, Arthropathien, Erkrankungen des Knochens wie Rachitis oder Osteoporose sowie Infektionen und Tumore sein. (16, 17, 23)

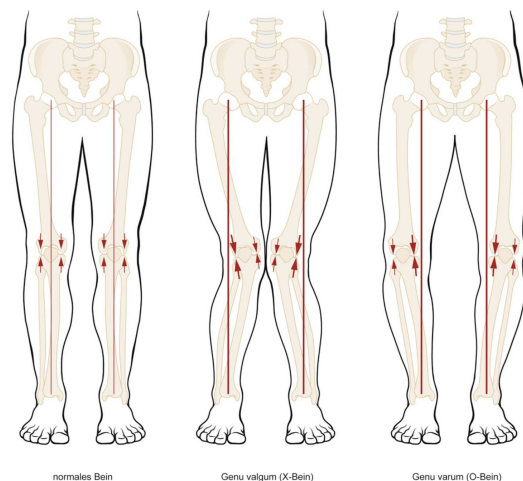


Abbildung 4: Mikulicz-Linie (Traglinie des Beines) (18)

Bewegungsumfang

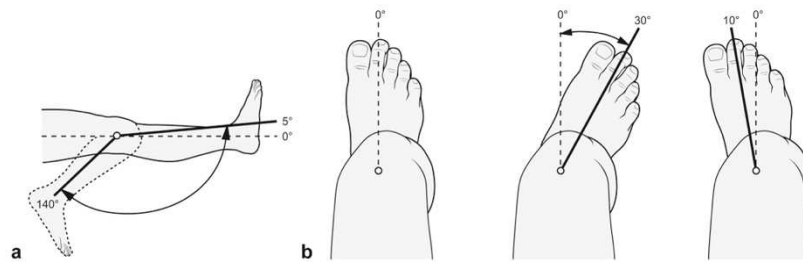


Abbildung 5: Bewegungen im Kniegelenk: a. Flexion und Extension, b. Rotation (18)

Beim Kniegelenk handelt es sich um ein Drehscharniergelenk mit zwei Freiheitsgraden. Eine Streckung bzw. Beugung wird durch die transversale Bewegungsachse ermöglicht, die durch die beiden Femurkondylen verläuft. Die Rotation im Kniegelenk läuft über die longitudinale Achse, welche senkrecht durch das Tuberculum intercondylare mediale am Tibiaplateau zieht. (Abbildung 5) (18)

Extension

Die Extension des Kniegelenkes, ist im Durchschnitt bis zu 5° möglich. Durch Anspannung der beiden Kreuzbänder in Streckstellung wird eine Hyperextension verhindert. Eine erzwungene Extensions- bzw. Hyperextensionsbewegung kann in Folge zu einer Läsion des vorderen, schwächeren Kreuzbandes führen. (20)

Flexion

Eine Flexion ist durchschnittlich bis 140° möglich und wird schlussendlich durch eine Weichteilhemmung limitiert. (18, 20)

Roll-Gleit-Bewegung des Femurs

Bei der Beugung im Kniegelenk kommt es zusätzlich zum Abrollen des Femurkondyls nach posterior zu einem vermehrten Gleiten gegenüber dem Tibiaplateau nach anterior, da die Krümmungsradien der beiden Femurkondylen von vorne nach hinten abnehmen und sich die transversale Achse nach dorso-kranial verlagert (Abbildung 6 und Abbildung 7). Ohne dieses Gleiten würden die beiden Femurkondylen nach posterior vom Tibiaplateau abrutschen. Die Kondylen legen dabei den bis zu vierfachen Weg der Gelenkfläche der Tibia zurück. (18, 24)

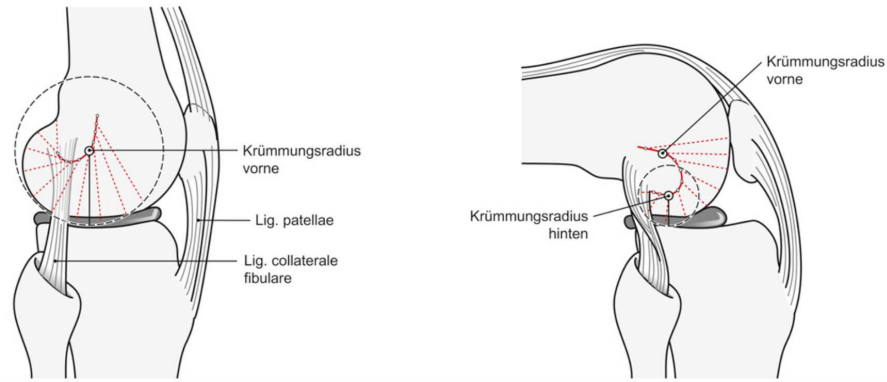


Abbildung 6: Verlagerung der transversalen Achse bei Roll-Gleit-Bewegung im Kniegelenk (18)

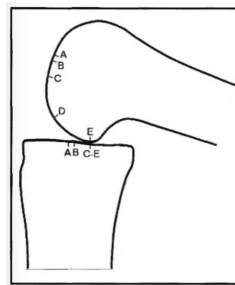


Abbildung 7: schematische Darstellung der Roll-Gleit-Bewegung des Femurs (24)

Rotation

Aufgrund der Kollateralbänder ist eine Rotation im Kniegelenk nur bei flektiertem Knie möglich, da hier die Bänder entspannt sind. Bei der Innenrotation torquieren sich die beiden Kreuzbänder, weshalb nur ein Bewegungsausmaß von 10° möglich ist. Nach außen kann hingegen bis 30° rotiert werden. (18)

Schlussrotation

Unter einer Schlussrotation versteht man die unwillkürliche, endlagige Rotation des Kniegelenkes in der Endphase der Extension. Dabei wird das vordere Kreuzband angespannt und der Unterschenkel um $5-10^\circ$ außenrotiert. Es kommt physiologischerweise zu einem minimalen Kontaktverlust zwischen medialen Femurkondylus und Innenmeniskus, wodurch eine unwillkürliche Bewegung im Kniegelenk verhindert wird. Zusätzlich sind die beiden Kollateralbänder sowie Kreuzbänder in voller Streckung maximal angespannt. In dieser Position ist das Gelenk somit auch ohne muskuläre Anspannung stabilisiert. Durch einen Muskelzug des M. popliteus und eine Innenrotation des Unterschenkels durch die Mm. semimembranosus, sartorius, und gracilis, kann diese „Endposition“ wieder aufgehoben (= Initialrotation bei Flexion) und das Knie wieder gebeugt werden. (16, 18, 20)

1.2 Geschlechtsunterschiede

Das männliche Knie unterscheidet sich vom weiblichen Knie sowohl in der Größe als auch in der Form. Conley et al. (4) stellt fest, dass die Form des distalen Femurs bei Frauen eher trapezförmig ist, wohingegen das Femur bei Männern eher rechteckig geformt ist. Frauen haben in der Regel nicht nur ein kleineres Kniegelenk, sondern auch einen weniger ausgeprägten, prominenten anterioren Femurkondyl. Conley et al. (4) berichtet über einen durchschnittlich um 0,8 mm geringeren lateralen und 1,3 mm geringeren medialen Femurkondyl bei Frauen im Vergleich zum männlichen Knie. Diese Größenunterschiede lassen sich jedoch durch eine durchschnittlich kleinere Femurgröße bei Frauen erklären. (4) Ein weiterer Unterschied ist ein geringeres medio-laterales zu anterior-posteriores Seitenverhältnis (ML:AP-Ratio) im Vergleich zu Männern. Das bedeutet, dass bei gleicher anterior-posterior-Dimension des distalen Femurs bei Männern und Frauen das weibliche Femur eine geringere medio-laterale Ausdehnung hat. Bei Implantation einer Knieprothese haben generell beide Geschlechter, jedoch vor allem Frauen, mit zunehmender femoraler Komponentengröße auch einen zunehmenden medio-lateralen Überhang der Prothese. Beträgt dieser femorale Überhang mehr als 3 mm, so ist er laut Mahoney et al. (25) mit einer erhöhten Wahrscheinlichkeit für postoperative Knieschmerzen assoziiert. (4, 5, 10, 25, 26) Frauen haben auch einen größeren Q-Winkel. Als Q-Winkel, oder auch Quadrizepswinkel, wird der Winkel bezeichnet, welcher die gedachte Linie von Spina iliaca anterior superior über den Quadrizeps zur Patella-Sehne mit der Tuberositas Tibiae einschließt. (Abbildung 8). Als physiologisch wird bei Frauen ein Q-Winkel von $< 18^\circ$ beschrieben, bei Männern ist dieser $< 15^\circ$. Da der Q-Winkel auch von der Körpergröße abhängig ist, sollte erwähnt werden, dass generell kleinere Menschen einen größeren Q-Winkel haben und dieser Unterschied somit eher größen- als geschlechtsspezifisch ist. (4, 10)



Abbildung 8: Q-Winkel (Zeichnung adaptiert von (27))

1.3 Gonarthrose

Definition

Als Gonarthrose wird die Degeneration des hyalinen Knorpels der Gelenkflächen des Knies definiert und ist durch daraus entstehende Veränderungen aller beteiligten Strukturen im Gelenk (Synovialgewebe, Gelenkkapsel, Knochen und Muskulatur) gekennzeichnet. Als Leitsymptome stehen Schmerzen und eine daraus resultierende Funktionseinschränkung im Vordergrund. (16, 28)

Epidemiologie

Die Kniegelenkarthrose zählt neben der Hüftarthrose zu den häufigsten arthrotischen Veränderungen. Ab dem 60. Lebensjahr sind etwa 30% von einer Arthrose betroffen, ab dem 70. Lebensjahr sogar mehr als 40%. Bei der Geschlechterverteilung leiden Frauen signifikant häufiger an einer Arthrose als Männer. Laut einer Metaanalyse von Srikanth et al. (29) haben Frauen tendenziell auch eine schwerere Gonarthrose als Männer. (16, 30)

Ätiologie und Pathogenese

Generell lässt sich sagen, dass eine Gonarthrose aus einem Missverhältnis von Belastung des Kniegelenkes und Belastungsfähigkeit des Knorpels entsteht. Als Anlässe für eine Knorpelschädigung stehen vor allem mechanische Faktoren sowie vorbestehende Gelenkerkrankungen im Vordergrund. Überbelastung wie im Spitzensport oder eine einseitige und forcierte Dauerbelastung können durch Mikrotraumata zu Knorpelschäden führen. Durch eine Beinachsenfehlstellung (Varus- oder Valgusfehlstellung) kommt es aufgrund von unphysiologischer Kraftübertragung zur einseitigen Belastung des medialen oder lateralen Gelenkkompartiments. Fehlformen der Patella oder andere angeborene Fehlbildungen tragen ebenfalls zu einer falschen Belastung des Kniegelenks und damit zur Knorpeldegeneration bei. Knochennekrosen, Traumafolgen mit Stufenbildung im Gelenkknorpel, abgelaufene Infektionen oder entzündliche Synovialerkrankungen können auch in einer Kniearthrose enden. Die Gründe für eine primäre Knorpelschädigung müssen jedoch nicht zwanghaft dieselben sein, welche im Endeffekt dann die Entstehung einer Arthrose fördern. Oft ist es auch ein Zusammenspiel aus mehreren Ursachen. Die Krankheitsentstehung ist oft sehr langsam und zieht sich meistens über Jahre hinweg. Eine Schädigung des Gelenkknorpels gilt jedoch als Voraussetzung für eine Arthrose, wobei diese allein noch nicht das Krankheitsbild per se darstellt. Durch den hohen mechanischen

Druck, der auf den Kniegelenkknorpel ausgeübt wird, entsteht nach Schädigung eine Unterversorgung des Knorpels mit Nährstoffen und führt in Folge zum Absterben der Knorpelzellen. Enzyme werden ausgeschüttet, welche die Kollagen- und Knorpelgrundsubstanz weiter abbauen und die Elastizität und Festigkeit des Knorpels verringert sich. Durch weitere (Fehl-)Belastung und Bewegung des Gelenkes bilden sich dann allmählich auch die Veränderungen im Synovialgewebe, der fibrösen Gelenkkapsel sowie der Knochen und Bänder und führen somit zum Vollbild der Gelenkarthrose. (16, 31)

Einteilung/Formen

Je nach betroffenem Gelenkkompartiment wird die Gonarthrose unterteilt in unikompartimentell, bikompartimentell sowie trikompartimentell (= Pangonarthrose). Eine unikompartimentelle Arthrose kann sowohl das mediale oder laterale Femorotibialgelenk betreffen als auch nur im Patellofemoralgelenk lokalisiert sein. (21) Unterliegt das gesamte Kniegelenk arthrotischen Veränderungen, gilt als chirurgische Therapie der Wahl die Implantation einer Knieendoprothese. (16, 17)

Je nach Beinfehlstellung oder Fehlbelastung des Knies kann die Arthrose auch nur in einzelnen Gelenkabschnitten vorhanden sein. Bei einem Genu varum ist meistens der mediale Gelenkspalt arthrotisch verändert, bei Genu valgum das laterale Gelenkkompartiment betroffen. Bei isolierter medialer oder lateraler Gonarthrose kann neben einem künstlichen Gelenkersatz eine Umstellungsosteotomie mit Verlagerung der Mikulicz-Linie in das gesunde Gelenkkompartiment einen positiven Effekt auf den Verlauf einer beginnenden Arthrose haben und gilt vor allem bei jungen, aktiven Patienten als Therapie der Wahl. (16, 17) Ist nur die Patellagleitfläche isoliert betroffen, spricht man auch von einer Retropatellararthrose. (16)

Differentialdiagnosen

Entzündliche Gelenkerkrankungen

Bei rheumatisch bedingten Gelenkerkrankungen klagen Patientinnen und Patienten im Gegensatz zur Gonarthrose eher über eine Morgensteifigkeit der Gelenke als über belastungsabhängige Schmerzen. Die Beschwerdepredienz wird eher als schubhaft beschrieben. Es sind oft mehrere Gelenke betroffen und Gelenkergüsse sowie Schwellungen sind stärker ausgeprägt. Eine rheumatoide Arthritis kann jedoch auch in Folge zu einer postentzündlichen Gonarthrose führen. Im Röntgenbild stehen hier dann eher Osteolysen anstatt subchondrale Sklerosierungen oder Osteophyten im Vordergrund. (32)

Klinik und Diagnostik

Die Klinik der Gonarthrose entwickelt sich meist über mehrere Jahre. Patientinnen und Patienten berichten über Steifigkeit im Kniegelenk, Spannungsgefühl sowie Belastungs- und Bewegungsschmerz. Typisch für eine Arthrose ist ein Anlaufschmerz, im weiteren Verlauf auch Ruhe- und Nachtschmerz. Eine klinische Untersuchung des Gelenkes ist für eine Diagnose notwendig. Es sollte eine Inspektion der Beinachsen und etwaiger Bewegungsanomalien erfolgen sowie eine manuelle Untersuchung des Kniegelenkes. Hier finden sich druckschmerzhafteste Punkte über dem Gelenkspalt, Krepitationen bei Bewegung sowie eine Erschlaffung der Kollateralbänder, wodurch das Knie eine zunehmende Instabilität aufweist. Oft ist das Gelenk auch aufgrund eines Ergusses geschwollen und die Bewegung eingeschränkt. Ist die Rückfläche der Patella ebenfalls arthrotisch verändert, spricht man von einer Femoropatellar- oder Retropatellararthrose. Ein positives Zohlen-Zeichen¹ in der klinischen Untersuchung kann ein Hinweis darauf sein. (16)

Bakerzyste

Bei chronischem Gelenkerguss kann sich auch durch den erhöhten intraartikulären Flüssigkeitsdruck eine Bakerzyste bilden. Dabei handelt es sich um eine Aussackung der hinteren Gelenkkapsel zwischen M. gastrocnemius und M. semimembranosus. In der Klinik präsentiert sich die Zyste als fluktuierende Schwellung im Bereich der Kniekehle und äußert sich bei den Patientinnen und Patienten als Druckschmerzen bei Beuge- und Streckbewegungen. Tastbar ist eine Bakerzyste ab einer Größe von 2 cm und wird durch Sonografie oder MRT diagnostiziert. (17)

Die bildgebende Diagnostik der Kniegelenkarthrose erfolgt mittels konventioneller Röntgenaufnahme. Eine a.p.-Aufnahme und ein seitliches Röntgen im Stehen unter Belastung des Kniegelenkes sowie eine tangentielle Aufnahme der Patella gehören zum Goldstandard. CT oder MRT sind nur bei speziellen Fragestellungen oder zur Planung der Therapie notwendig. Die Klinik und Schmerzsymptomatik der Patientinnen und Patienten deckt sich nicht immer mit dem radiologischen Befund. Es ist möglich, dass eine ausgeprägte Arthrose mit vergleichsweise weniger Symptomatik einhergeht und umgekehrt. (16, 17)

¹ Zohlen-Zeichen: Die Kniescheibe wird vom Untersucher/der Untersucherin mit leichtem Druck fixiert. Eine Schmerzreaktion bei Anspannung des Quadrizeps im Oberschenkel ist ein Hinweis für eine Patellofemoralarthrose. 16. Rüter W, Lohmann C. Orthopädie und Unfallchirurgie. München: Elsevier GmbH; 2014.

Klassische Zeichen einer Arthrose im Röntgen sind:

1) verschmälertes Gelenkspalt:

Durch den Knorpelschwund verringert sich die Knorpeldicke und der Gelenkspalt erscheint im Röntgen schmaler. Dies kann so weit führen, dass der darunterliegende Knochen frei liegt. Man spricht hier auch von einer „Knochenglatze“. (16)

2) subchondrale Sklerosierung der Knochen:

Die Veränderung der mechanischen Belastung führt zur Verdichtung des Knochens unterhalb des Knorpels. Diese Sklerose erscheint im Röntgen heller als der übrige Knochen und gilt als Frühzeichen einer Arthrose. (16)

3) osteophytische Anbauten und Deformierung:

Der Knorpelverlust und die Sklerose sorgen für eine Veränderung des Gelenkes, es wird entrundet und abgeplattet. Um die Gelenksituation an die veränderte Mechanik anzugleichen, kommt es in Folge zu verknöchernder Knorpelproliferation, die sich als Osteophyten im Röntgen präsentieren. Wenn sich das Gelenk dadurch stark deformiert, spricht man auch von einer Arthrosis deformans. (16)

4) Subchondrale Zysten:

Ist die Knorpelschädigung fortgeschritten, wird durch die hohe mechanische Belastung Gelenkflüssigkeit aus dem Gelenkraum in die subchondrale Spongiosa gepresst. Der Knochen wird an diesen Stellen resorbiert und es bilden sich kleine Höhlen mit eingedickter Synovia und Detritus², die Wände sind sklerosiert. (16)

² unter Detritus versteht man in diesem Fall nekrotisches Knochenmaterial, welches nicht weiter abgebaut werden kann. 21. Wirtz D. AE - Manual der Endoprothetik. Heidelberg: Springer; 2011.

Klassifikation der Arthrose

Der Schweregrad einer Arthrose lässt sich nach Kellgren und Lawrence in 5 Grade einteilen (Tabelle 1), wobei man ab Grad 2 (bei Vorhandensein von Osteophyten) von einer Arthrose sprechen kann. (17)

Tabelle 1: radiologische Einteilung der Arthrose nach Kellgren und Lawrence (17)

	Morphologie
<i>Grad 0</i>	Gelenkspalt normal weit
<i>Grad 1</i>	Geringe Verschmälerung des Gelenkspalts, geringe subchondrale Sklerosierung
<i>Grad 2</i>	Geringe Verschmälerung des Gelenkspalts, Osteophyten vorhanden
<i>Grad 3</i>	Gelenkspaltverschmälerung, ausgeprägte Osteophytenbildung, Unregelmäßigkeiten der Gelenkfläche
<i>Grad 4</i>	Kein Gelenkspalt vorhanden, Destruktion der Gelenkpartner, Fehlstellung

Therapie

Je nach Ausprägung der Schmerzsymptomatik gibt es konservative und operative Therapiemöglichkeiten, wobei in der Regel zuerst eine konservative Therapie versucht werden soll. Das Ziel dabei ist einerseits ein Fortschreiten der Arthrose zu verhindern oder zumindest zu verlangsamen und andererseits die symptomatischen Beschwerden der Patientinnen und Patienten zu lindern. (31)

Konservativer Therapieansatz

Als konservative Therapieversuche gelten unter anderem:

- eine Reduktion des Körpergewichtes bei übergewichtigen Personen zur Entlastung der Kniegelenke. Da bei Adipositas nicht nur die mechanische Belastung des Kniegelenkes eine Rolle spielt, sondern auch metabolische Faktoren die Entzündung im Knie und somit ein Fortschreiten der Arthrose begünstigen, ist dieser Punkt besonders wichtig in der Therapie. (31, 33)

- Wichtig für den Erhalt und eine Verbesserung der Beweglichkeit des Gelenkes sind physiotherapeutische Bewegungsübungen. Sport- und Bewegungstherapie kann unphysiologische Gelenkbelastungen reduzieren und trägt zusätzlich zur Reduktion von Arthroserisikofaktoren bei. Auch bei bereits bestehender Arthrose kann eine verbesserte Muskulatur durch eine bessere Ansteuerbarkeit der Propriozeptoren im Kniegelenk ein Fortschreiten der Schäden verlangsamen. Im Gelenk selbst kommt es durch die körperliche Aktivität zu einer Verbesserung des Knorpelstoffwechsels. Zusätzlich wird die Durchblutung des Gelenks erhöht und kann der Entzündung im Kniegelenk entgegenwirken. Laut deutscher Gesellschaft für Sportmedizin und Prävention (DGSP) sind bei Gonarthrose Radfahren, Walking, Schwimmen und Aqua-Jogging geeignete Sportarten. Ausgleichsgymnastik und Dehnung der Muskulatur verbessert ebenso die muskuläre Dysbalance und verzögert die Arthroseentstehung. (19, 28, 31)
- Aktive Wärmebehandlung kann im chronischen Erkrankungsstadium angewandt werden, um die Durchblutung zu fördern und eine Entspannung der Muskulatur zu bewirken. (19, 31)
- Kryotherapie kann bei akuten entzündlichen Prozessen zu einer Reduktion der Schwellung und Schmerzsymptomatik führen. Empfohlen wird eine Kälteapplikation von ca. 20 min. (19, 31)
- Medikamentöse Schmerztherapie mit entzündungshemmender Komponente sind vor allem bei einer aktivierten Arthrose indiziert. Hier stehen vor allem NSAR im Vordergrund. Diese können sowohl topisch als auch oral angewendet werden, wobei eine orale Gabe ein höheres Nebenwirkungsprofil aufweist. (19, 31, 34) Einige Patientinnen und Patienten profitieren auch kurzzeitig von einer intraartikulären Injektion von Glucocorticoiden, Hyaluronsäure und Lokalanästhetika. (19, 35)
- Orthopädische Bandagen und Orthesen wie eine Valgus-Bandage können bei jüngeren, aktiven Patientinnen und Patienten mit medialer Osteoarthrose unterstützend zu einer Verbesserung der Symptomatik führen.(31, 36, 37)

Zeigen konservative Therapiemaßnahmen keine zufriedenstellenden Ergebnisse für die Patientinnen und Patienten, so kann nach Ausbleiben des gewünschten Erfolges eine operative Therapie bzw. Sanierung des Kniegelenks in Erwägung gezogen werden. Je nach Klinik, Ausprägung der Arthrose und Therapieziel gibt es verschiedene Operationsverfahren. Zu berücksichtigen bei der Auswahl der optimalen Versorgung sind ebenfalls das Alter der Patientinnen und Patienten, deren Allgemeinzustand und die Ansprüche an die Belastung des Knies. (16, 31)

1. Arthroskopie und Knorpelersatztherapien

Eine Arthroskopie wird auch als Kniegelenkspiegelung bezeichnet. Mit dieser ist eine direkte Diagnostik und Inspektion der Gelenkflächen, Menisken und anderen Kniegelenkanteilen möglich. Von Vorteil dieser Behandlungsmethode hierbei ist, dass nur ein geringer Weichteilschaden zugefügt wird. Mittels kleiner Stichinzisionen werden Instrumente und eine Kamera in das Gelenk eingebracht. So kann eine Gelenkspiegelung durchgeführt und gleichzeitig therapeutische Maßnahmen wie eine Gelenkspülung zur Säuberung des Gelenkes von Abriebmaterial (= Débridement), Anregungen zur knochenmarksstimulierten Ersatzknorpelbildung (beispielsweise Pridie-Bohrungen oder Mikrofrakturierung) oder Knorpeltransplantationen (Osteochondrale Transplantationen, OCT) durchgeführt werden. (17, 31) Um eine knorpelregenerative Therapie durchführen zu können, muss das Umgebungsgewebe des lokalen Knorpelschadens intakt sein, die korrespondierende Gelenkfläche erhalten und das Kniegelenk insgesamt bandstabil sein. Sie ist demnach eher zur Prävention nach Knorpelschaden und nicht als Therapie der Gonarthrose geeignet. Für eine knochenmarkstimulierende Therapie wie Mikrofrakturierung oder Pridie-Bohrung sollte der fokale Knorpelschaden auch nicht größer als 2,5 cm² sein. Bei jüngeren Patientinnen und Patienten kann diese Therapieform jedoch großzügiger eingesetzt werden, da hier mit einem höheren postoperativen Aktivitätsniveau zu rechnen ist. Mikrofrakturierung ist die Weiterentwicklung der klassischen Pridie-Bohrung und wird am häufigsten angewandt. Das Ziel dabei ist eine Eröffnung des Markraums mit kleinen Bohrungen durch den subchondralen Knochen, um so mit mesenchymalen Stamm- und Vorläuferzellen eine Regeneration des Knorpelgewebes im Defektareal zu erreichen. (19) Der Vorteil einer Knorpeltransplantation hingegen ist das unmittelbare postoperative Vorhandensein von hyalinem Gelenkknorpel, welcher deshalb relativ

früh wieder belastbar ist. Bei einer OCT werden osteochondrale Zylinder von weniger belasteten Gelenkstellen entnommen und in das Defektareal transplantiert. Eine weitere Form von Knorpeltransplantationen stellt die autologe Knorpelzelltransplantation (ACT) dar. Mit dieser Methode können auch größere Knorpeldefekte ab 2,5 cm² behandelt werden. Dabei werden meist aus Fossa intercondylaris des Femurs eigene Knorpelzellen entnommen, welche im Labor expandiert und schlussendlich wieder im Defektareal transplantiert werden.
(19)

2. Umstellungsosteotomie

Diese Therapieform kommt vor allem bei einer Fehlstellung der Beinachse zum Einsatz und wirkt eher prophylaktisch einer Arthrose entgegen. Hierbei wird durch eine Veränderung der Position der Gelenkkörper eine günstigere Verteilung der Belastung im betroffenen Gelenk erzielt. Die Osteotomie erfolgt entweder am distalen Femur oder an der proximalen Tibia und man unterscheidet zwischen „closed-wedge“ (ein Knochenkeil wird entfernt) (*Abbildung 9*) und „open-wedge“-Osteotomie (Aufdehnung des Osteotomiespaltes). (16, 17, 31)

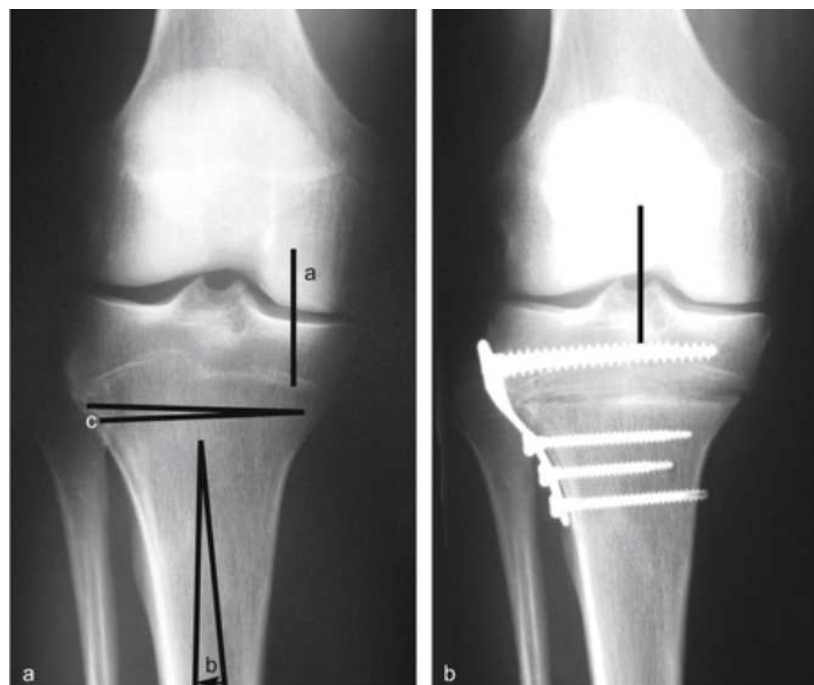


Abbildung 9: valgisierende Tibiakopfosteotomie: a. präoperatives Röntgenbild: Mikulicz-Linie (a), Verlagerung der Achse (b), Osteotomiekeil (c); b. postoperatives Röntgenbild mit Osteosynthesematerial (16)

3. Arthrodesse

Eine Gelenkversteifung kann eine weitere therapeutische Maßnahme einer Arthrose sein, jedoch kommt es dadurch zum Funktionsverlust des Gelenkes und ist bei einer Gonarthrose als Therapiemöglichkeit heutzutage weitgehend von der Endoprothetik verdrängt worden. (16)

4. Kniegelenkersatzoperation (KTEP)

Die invasivste Möglichkeit zur Therapie der Kniegelenkarthrose ist ein künstlicher Kniegelenkersatz mittels Prothese. Man kann grob zwischen halbseitiger („Schlitten“) und totaler Knieendoprothese (KTEP) unterscheiden. Die Prothese kann zementiert oder unzementiert im Knochen verankert werden und es gibt viele verschiedene Modelle. (16, 31)

1.4 Knieendoprothetik

Entwicklung

Die erste Knieendoprothese wurde von Themistokles Gluck 1890 entwickelt (Berlin). Zuerst als gekoppeltes Scharniergelenk, wurde sie jedoch im Verlauf der Jahre durch das Konzept des Oberflächenersatzes am Kniegelenk ersetzt. Ein Durchbruch im Bereich der Gelenkendoprothetik gelang 1961 Sir John Charnley, der die Implantate mittels Polymethylmethacrylats (PMMA) am Knochen fixierte, welches noch heute als Knochenzement in der Orthopädie angewendet wird. 1969 konnte somit die erste ungekoppelte Oberflächenprothese mit Femurschlitten und dazugehörigem Tibiainlay implantiert werden. Diese Art des Gelenkersatzes wurde in den folgenden Jahren stetig weiterentwickelt, sodass 1977 eine sogenannten Low-contact-stress-(LCS) Knieprothese eine Prothese mit mobilem Polyethylen-Inlay als rotierende Plattform, welche die Beweglichkeit der beiden Menisken imitieren soll, vorgestellt werden konnte.

Mittlerweile können mehrere Oberflächenprothesen des Kniegelenks unterschieden werden: kreuzbanderhalte und kreuzbandersetzende Oberflächenersatzprothesen mit fixiertem Inlay (= fixed bearing) sowie mit mobilen Plattformen (= mobile bearing) jeweils kreuzbanderhaltend oder ersetzend. (21)

Indikationen

Bei anhaltenden starken Schmerzen und ausgeschöpften konservativen Therapieoptionen sollte ein endoprothetischer Gelenkersatz angedacht werden. Als wichtigste Indikation für einen künstlichen Kniegelenkersatz mittels Prothese gilt der hohe Leidensdruck und Leistungseinschränkung der Patientinnen und Patienten. Es handelt sich bei einer Knieprothese meistens um einen elektiven Eingriff. Deshalb ist ein gegenseitiger Konsens und die Einbeziehung des Patienten bzw. der Patientin in den Entscheidungsprozess sowie eine ausführliche Aufklärung hinsichtlich Risiken und Ergebnisse der Operation unbedingt notwendig. Unter Berücksichtigung von Alter, Gelenkstabilität, Arthroselokalisation im Kniegelenk und etwaige Kontraindikationen wie Allergien, wird die entsprechende Prothese ausgewählt. (17, 21)

Kontraindikationen

Als absolute Kontraindikationen für einen Kniegelenkersatz sind Grunderkrankungen mit hohem Narkoserisiko, akute Gelenkinfektionen und Osteomyelitis. Bei relativen Kontraindikationen, wie ausgeheilte Kniegelenkinfektionen, ausgeprägte Weichteildefekte, Adipositas, Osteoporose, Durchblutungsstörungen, aber auch junge Patientinnen und Patienten oder kniebelastende, berufliche Tätigkeiten, muss eine Nutzen-Risiko-Abwägung sorgfältig besprochen werden. (21)

Arten der Knieprothese

Je nach Indikation, Ausprägung der Gonarthrose und Bandstabilität des Kniegelenkes werden unterschiedliche Prothesentypen verwendet. Des Weiteren kann man zementierte Knieprothesen, welche ca. 80% ausmachen, von unzementierten bzw. hybrid zementierten Prothesen differenzieren. (21)

Unikondylärer Oberflächengelenkersatz oder Schlittenprothese

Liegt eine isolierte mediale oder laterale Gonarthrose aufgrund von Valgus- oder Varusfehlstellung vor, so kann auch nur das betroffene Gelenkkompartiment durch eine Prothese ersetzt werden (*Abbildung 10a*). In den meisten Fällen ist jedoch das mediale Kompartiment von einer Arthrose betroffen. Voraussetzung sind hierbei jedoch stabile und intakte Bandverhältnisse sowie ein Mindestbewegungsmaß im Kniegelenk von 90°. Um ein gutes Langzeitergebnis zu erhalten, sollten die Patienten außerdem über 60 Jahre alt sein und ein Körpergewicht von unter 80 kg haben. (19, 21, 38)

Bikondylärer, ungekoppelter oder teilgekoppelter Oberflächengelenkersatz

Bei dieser Art von Knieprothese wird die gesamte Gelenkfläche von Femur und Tibia ersetzt (*Abbildung 10b*). Zwischen die beiden Gelenkkomponenten wird ein Inlay aus Kunststoff (Polyethylen) eingesetzt. Grundsätzlich können gekoppelte, teilgekoppelte und ungekoppelte Oberflächendesigns unterschieden werden. Um eine ungekoppelte Gleitflächenprothese verwenden zu können, müssen stabile Seitenbänder als Voraussetzung gegeben sein, da die Gelenkführung allein durch den Kapsel-Band-Apparat gewährleistet wird. Bei teilgekoppelten Prothesen erfolgt die Stabilisierung zum Teil durch die Prothese. Ist durch ein insuffizientes hinteres Kreuzband keine posteriore Stabilität gegeben, kann mit einer *posterior-stabilized (PS-Prothese)* diese Instabilität ausgeglichen werden. Eine posteriore Erhöhung des Inlays oder ein in die Femurkomponente greifender Zapfen

verhindert eine Translation der Tibia nach hinten. Bei einer mediolateralen Instabilität durch insuffiziente Seitenbänder hingegen kann eine *semi-constrained* (SC-Prothese) verwendet werden. Hier ist der zentrale Zapfen des Inlays vergrößert und erzeugt somit die nötige Valgus-Varus-Stabilität. (19, 21, 32)

Gekoppelte Knieprothese, Scharnierprothese

Ist der gesamte Bandapparat des Knies insuffizient, wird ein gekoppeltes, achsengeführtes Prothesenmodell verwendet. (Abbildung 10c) Diese Prothesenart wird für Kniegelenke eingesetzt, bei denen ein reiner Oberflächenersatz nicht mehr ausreicht. Indikationen dafür sind hochgradige Achsfehlstellungen, instabile Bandverhältnisse, nach schwerem Trauma und ausgeprägtem Knochenverlust oder auch nach Infekten als Revisionsprothese. Die Verankerung erfolgt intramedullär durch die langstiellige Prothese. (19, 21, 38, 39)

Patellarückflächenersatz

Nur ein kleiner Teil der Arthrosepatientinnen und -patienten leidet an einer isolierten Retropatellararthrose. In diesem Fall kann die Gelenkfläche der Patella mit einer knopfförmigen Prothese aus Polyethylen und die Trochlea des Femurs ersetzt werden. Es hat sich jedoch gezeigt, dass sich das Ergebnis von Standard-Knieendoprothesen durch den zusätzlichen Rückflächenersatz der Patella nicht wesentlich beeinflusst, sodass von einem routinemäßigen Ersatz bei Gonarthrose meist auf den Gelenkersatz der Patella verzichtet wird. (21, 32)

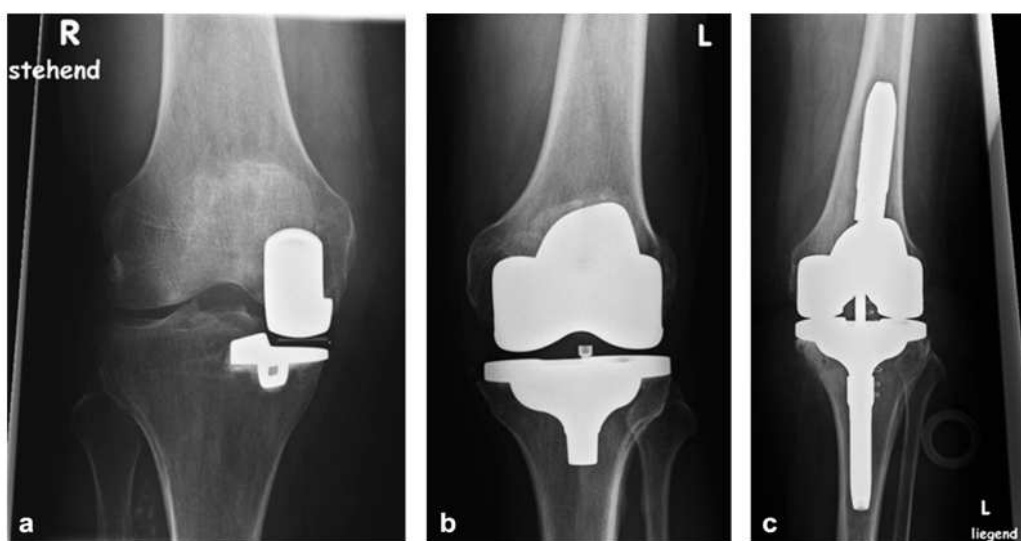


Abbildung 10: Kniegelenkprothese: a. Unikondylärer Oberflächenersatz; b. Bikondylärer Oberflächenersatz; c. langstiellige Scharnierprothese (z.B. bei Revision) (17)

Zementiert vs. unzementiert

In der Regel werden Knieendoprothesen mit Zement im Knochen verankert. (32) Als Knochenzement wird PMMA (Polymethylmethacrylat, „Plexiglas“) verwendet. Dieser härtet innerhalb 15 Minuten von selbst aus, sichert eine hohe Primärstabilität und ermöglicht eine schnelle Vollbelastung. Unzementierte Gelenkprothesen werden vor allem bei jüngeren, aktiven Patientinnen und Patienten unter 65 Jahren eingesetzt. Da aufgrund des Alters und der erhöhten körperlichen Aktivität eine geringere Haltbarkeit und somit ein Prothesenwechsel wahrscheinlich ist, ist eine zementfreie Prothese aufgrund des geringeren Knochenverlustes bei Re-Operation für diese Patientinnen und Patienten von Vorteil. Ein Nachteil dieser Methode ist eine geringere Primärstabilität, man hat nicht sofort volle Belastbarkeit. (17)

Ältere Patientinnen und Patienten mit schlechter Knochenqualität profitieren hingegen von einer zementierten Gelenkprothese. Bei Revisionseingriffen muss dieser Zement jedoch zuerst entfernt werden und sorgt hier für einen hohen Knochenverlust. (17)

Ebenfalls möglich ist eine hybrid bzw. teilzementierte Verankerung der Knieprothese. Dabei wird die Femurkomponente meist zementiert und der Tibiaschaft mittels Pressfit-Verfahren versorgt. (19)

Low-Contact-Stress-Knieprothese

Unter einer LCS-Knieprothese versteht man, wie oben bereits erwähnt, eine bikondyläre Prothese mit mobilen Polyethylen-Inlay als rotierende Plattform. Die Imitierung der Beweglichkeit der Menisken verhindert Belastungsspitzen durch Druck und Torsionskräfte und soll so vermehrten Inlay-Abrieb und in Folge die Lockerung der Prothese vermeiden. (21)

Spezielle Prothesen: „Gender Knees“

In den vergangenen Jahren hat die Entwicklung von individuellen Implantaten auch zu geschlechtsspezifischen Knieprothesen geführt. Dabei werden die Schnittblöcke für die Resektion von Femur und Tibia und in Folge auch die Prothese selbst an die Anatomie des weiblichen Knies angepasst. So ist beispielsweise das anteriore Femurschild der Prothese vergleichsweise dünner als das der konventionellen Knieendoprothese. Auch das Gleitlager der Patella ist im Vergleich um 3° nach lateral versetzt, um den größeren Q-Winkel bei Frauen auszugleichen und eine optimale Führung der Patella zu erreichen. Um ein Überstehen des femoralen Prothesenschildes zu verhindern, ohne dabei die Prothesengröße und somit die Bandspannung zu verändern, ist die Femurkomponente in der medio-lateralen

Ausdehnung weniger breit. Ob sich dadurch jedoch auch ein besseres funktionelles Ergebnis erzielen lässt, ist mit der heutigen Studienlage noch nicht eindeutig geklärt. In einer Metaanalyse von Cheng et al. (8) wurde aufgezeigt, dass das Femurschild einer Gender-spezifischen Prothese den Knochen nicht immer vollständig abdeckt und oft zu einer Überkorrektur des Überhanges der Prothese führt. Ein wesentlicher Vor- oder Nachteil hinsichtlich klinischem Outcome konnte dadurch jedoch nicht nachgewiesen werden. (8, 19, 40)

Operationstechnik des Kniegelenkersatzes

Da eine Knieprothese mit Ausnahme von traumatischen Operationsindikationen ein rein elektiver Eingriff ist, muss eine ausführliche Aufklärung hinsichtlich Risiken und Folgen für die Patientin oder den Patienten erfolgen. Des Weiteren wird eine Planung der Prothese am Röntgenbild durchgeführt und die Größe der Prothese ausgemessen. Bei der Wahl des Prothesensystems sollte ein möglichst geringer Kopplungsgrad gewählt werden, vorausgesetzt die Bedingungen dafür sind gegeben. (17)

Als Standardzugang bei Implantation einer Knie totalendoprothese erfolgt der Hautschnitt mittig vom proximalen Patellapol bis zur Tuberositas tibiae (= medianer Zugang). Die Eröffnung des Kniegelenks und der Kapsel erfolgt medial parapatellar. Die Patella wird zur Seite geklappt, um eine optimale Sicht auf das Kniegelenk zu erhalten. Nach der Resektion von beiden Menisken und vorderem Kreuzband werden mögliche Osteophyten abgetragen. Um die Seitenbänder vor Verletzungen zu schützen, werden medial und lateral des Tibiaplateaus Hohmann-Hebel eingebracht. Mithilfe von Schablonen und Schnittführungen werden nun die beiden Gelenkkomponenten Femur und Tibia so bearbeitet, dass die Gelenkoberflächen durch die Metallprothese ersetzt werden können. Operationstechnisch lassen sich standardmäßig zwei Varianten unterscheiden: Femur-first beziehungsweise Tibia-first-Technik, wobei sich die Bezeichnung auf die zuerst zu bearbeitende Gelenkkomponente bezieht. Ziel der femoralen und tibialen Resektion sollte ein möglichst gleicher Extensions- und Flexionsspalt sein, um eine Auslockerung der Seitenbänder und in weiterer Folge eine Instabilität des Kniegelenkes zu verhindern. Diese Weichteilbalancierung sollte am besten schrittweise erfolgen. Eine Überprüfung des Beuge- und Streckspaltes und der Bandstabilität erfolgt mit Spacern. Nach der Resektion erfolgt die Implantierung der Prothese je nach Modell mittels Zement oder zementfrei und anschließend ein schichtweiser Wundverschluss. (19, 21, 32)

Femur-First-Methode

Die Femur-First-Technik beginnt mit der femoralen Resektion und orientiert sich an knöchernen Leitstrukturen. Bei dieser Methode werden die beiden Gelenkkomponenten Femur und Tibia unabhängig voneinander präpariert und sie ermöglicht eine sehr knochensparende Operationstechnik. Ein weiterer Vorteil dabei ist die erleichterte Entfernung der resezierten Tibiascheibe durch das bereits zugeschnittene Femur. Durch die unabhängige Bearbeitung von Tibia und Femur ist diese Methode jedoch auch anfälliger für Fehlerquellen und die Bandstabilisierung bedarf mehr chirurgischer Erfahrung. (21, 41)

Tibia-First-Methode

Bei der Tibia-First-Technik wird mit der tibialen Resektion begonnen und die Bearbeitung des Femurs darauf aufgebaut. Die Implantatausrichtung erfolgt im Gegensatz zur Femur-First-Methode weichteilorientiert. Aufgrund der noch vorhandenen Femurkondylen gestaltet sich die Entfernung der Tibiaresektion schwieriger, dafür kann die Kniegelenkstabilisierung durch die Verwendung von Spacern und Balancesystemen erleichtert werden. (21, 41)

Komplikationen

Wie bei anderen großen Operationen birgt auch ein Kniegelenkersatz eine Vielzahl an Komplikationen. Neben generellen kardialen operativen und anästhesiebedingten Komplikationen zählt vor allem eine Pulmonalembolie zu den gefürchtetsten. Das Risiko, bei einer Knietotalendoprothese eine TVT und folglich eine Lungenembolie zu erleiden liegt ohne Prophylaxe bei 40-88%. (42) Nervenverletzungen, wie die des N. peroneus, ist die häufigste und schwerste neurologische Komplikation im Zuge der Implantation einer Knieprothese. (43) Gefäßverletzungen und Verletzungen des Bandapparates sind dabei eher selten. (44, 45) Postoperativ ist die Infektion der Kniegelenkprothese ebenfalls eine gefürchtete Komplikation. Sie führt oft zwangsweise zu langer Antibiotikaeinnahme und in Folge auch häufig zu einem Implantatwechsel. (16, 21) Aseptische Lockerungen³, Instabilität des Knies nach Implantation, periprothetische Frakturen, Arthrofibrose oder Abrieb des Materials sind ebenfalls häufige Gründe für einen Prothesenwechsel. (46)

³ Unter einer aseptischen Lockerung versteht man eine Reaktion des Körpers auf Abriebmaterial der Prothese. Diese Fremdkörperreaktion aktiviert Osteoklasten, die durch Knochenumbau im Verlauf zu einer Prothesenlockerung führen. (17. Ficklscherer A. Kurzlehrbuch Orthopädie und Unfallchirurgie. München: Elsevier GmbH; 2018.)

Die Langlebigkeit einer Gelenkprothese wird durch das ersetzte Gelenk selbst, den Prothesentyp, die Grunderkrankung des Gelenkes und durch Alter, Geschlecht und körperliche Aktivität der Patientinnen und Patienten beeinflusst. (16) In einer großen Meta-Analyse wurde gezeigt, dass bei etwa 82% der Knie-Totalendoprothesen eine Lebensdauer von circa 25 Jahren zu erwarten ist. (12)

2 Material und Methoden

Einführung und Hintergrund

Die operative Therapie der Wahl und Goldstandard bei schwerer Kniegelenkarthrose ist nach wie vor eine Knie-Totalendoprothese (KTEP) und ca. 60% der Patientinnen und Patienten, die sich einem künstlichen Kniegelenkersatz unterziehen, sind Frauen. (1, 2)

Obwohl sich das Kniegelenk bei Frauen und Männern anatomisch sowohl in Größe als auch in Form voneinander unterscheiden (*siehe Kapitel 1.2 „Geschlechtsunterschiede“*) (2), wurden bisher beide Geschlechter bei schwerer Osteoarthrose mit einer Standardprothese in unterschiedlicher Größe versorgt. Auf dem Gebiet der Endoprothetik hat deshalb die Suche nach individuellen Lösungen für die Patientinnen und Patienten in den letzten Jahren zur Entwicklung einer geschlechtsspezifischen Kniegelenktotalendoprothese geführt, die die anatomischen Unterschiede in Größe und Kondylenbreite des Kniegelenkes zwischen Männern und Frauen berücksichtigt. (4) Die Frage, ob diese individuelle Lösung im Vergleich zur Standardprothese einen Benefit im klinischen Outcome bringt und nicht nur rein wirtschaftliche Interessen bedient, kann noch nicht vollständig beantwortet werden. Primär sollte jedoch auch geklärt werden, ob Frauen mit einer Behandlung durch den bisherigen Goldstandard, der unisex Standardknieprothese, tatsächlich ein schlechteres klinisches Outcome erzielen, um die Einführung einer spezifischen „Gender-Prothese“ zu rechtfertigen. Ziel dieser Studie ist es daher zu untersuchen, wie sich das klinische Outcome bei Frauen 20 Jahre nach der Implantation einer Low-Contact-Stress (LCS) Knieendoprothese entwickelt hat und ob sich Unterschiede in den Ergebnissen hinsichtlich Bewegungsumfang, Schmerzfreiheit und Komplikationen zwischen Männern und Frauen gezeigt haben. In weiterer Folge soll so beurteilt werden, ob die generelle Einführung einer geschlechtsspezifischen Knieendoprothese, welche die anatomischen Unterschiede beider Geschlechter berücksichtigt, gerechtfertigt oder sogar notwendig ist.

Studiendesign und Rekrutierung

Es handelt sich hierbei um eine retrospektive Level III Kohortenstudie.

Mit der Klinikdatenbank Medocs und den vorhandenen Daten aus Kastner et al. (3) wurde dasselbe Patientenkollektiv (108 Patientinnen und Patienten mit 138 zu untersuchenden Prothesen) 10 Jahre später erneut rekrutiert und für eine Folgestudie evaluiert. Anhand von verschiedenen klinischen und radiologischen Parametern wurde untersucht, wie sich das

klinische Outcome 20 Jahre nach Implantation einer LCS-Knieprothese entwickelt und ob sich ein Unterschied im Outcome zwischen Männern und Frauen gezeigt hat.

Da die Patientinnen und Patienten zum Zeitpunkt der Evaluierung bereits ein fortgeschrittenes Alter aufwiesen, mussten 91 Teilnehmerinnen und Teilnehmer aufgrund von Todesfällen und 2 weitere aufgrund von Prothesenwechsel aus der Studie ausgeschlossen werden. Die endgültige Teilnehmerzahl verringerte sich somit auf insgesamt 15 Patientinnen und Patienten (2 Männer, 13 Frauen) und 15 zu untersuchende Prothesen.

Für die klinische Bewertung der Patientinnen und Patienten wurden verschiedene Scores und objektive Messmethoden verwendet. Der WOMAC-Score, KSS und VAS wurden mittels Fragebogen erhoben und der Bewegungsumfang (ROM) klinisch untersucht. War eine klinische Untersuchung in der Ambulanz aufgrund eingeschränkter Mobilität nicht möglich, so wurden die Parameter entweder anamnestisch via Telefon erhoben oder durch eine Suche in der Klinikdatenbank anhand des letzten Besuches dokumentiert.

WOMAC-Score (Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index)

Hierbei handelt es sich um einen standardisierten Fragebogen, um das Ausmaß einer Hüft- oder Kniearthrose hinsichtlich Schmerzen, Steifigkeit und Funktionalität der Gelenke zu beurteilen. Es können insgesamt bis zu 100 Punkte vergeben werden, wobei höhere Punktzahlen für eine höhere Einschränkung der Patientinnen und Patienten hinsichtlich der Arthrose sprechen. (47)

Um eine bessere Vergleichbarkeit mit anderen Kniescores zu erreichen, welche meistens eine direkt proportionale Skala verwenden (hohe Punktzahl = gutes Outcome), wurde die Interpretation des WOMAC-Scores entsprechend angepasst und in eine relative Skala transferiert. In der vorliegenden Studie steht also ein hoher Punktwert für weniger Einschränkungen der Patientinnen und Patienten durch ihre Arthrose.

KSS (Knee Society Score)

Der Knee Society Score ist ein Bewertungssystem, welches sich aus zwei verschiedenen Teilen zusammensetzt. Im ersten Teil („Schmerz“) fließt die erhobene Schmerzangabe der Patientinnen und Patienten sowie eine klinische Untersuchung des operierten Gelenkes hinsichtlich Stabilität und Bewegungsumfang in die Berechnung der Punkte ein. Der zweite Teil („Funktion“) beurteilt die Funktionalität des Kniegelenkes beim Stiegensteigen, die maximale Gehstrecke und berücksichtigt eventuelle Gehhilfen der Probandinnen und

Probanden. (48, 49) Es kann jeweils ein Maximum von 100 Punkten erreicht werden. Höhere Punktzahlen sprechen für ein besseres Outcome, ein Score von unter 60 Punkten gilt als schlechte Bewertung des Knies. (47)

VAS (visual analogue scale)

Die Visual analogue scale ist ein Instrument zur Schmerzbewertung. Die numerische Skala, reichend von 0 (kein Schmerz) bis 10 (schlimmster, vorstellbarer Schmerz), ist ein weit verbreitetes Instrument zur Beurteilung der Schmerzintensität bei Patientinnen und Patienten. (50)

ROM (Range of Motion)

Als Range of Motion wird der Bewegungsumfang eines Gelenkes definiert und üblicherweise in Winkelgraden mittels Neutral-Null-Methode angegeben. Diese ist ein Code, der das Bewegungsausmaß des Gelenkes beschreibt. Im Falle des Kniegelenks ist ein normaler Bewegungsumfang mit ca. 5° Streckung (Extension) und 140° Beugung (Flexion) möglich, hier als Zahlencode geschrieben: 5/0/140. (51)

Bewertung der Ergebnisse

Alle Patientinnen und Patienten wurden unter Berücksichtigung der Lebensqualität und klinischem Outcome bewertet. Für eine objektive Beurteilung wurden die oben bereits erwähnten Scores und Parameter verwendet.

Statistische Analyse

Die Daten wurden mit SPSS® ausgewertet und ein P-Wert < 0.05 als statistisch signifikante Grenze festgelegt. Es wurde eine deskriptive und explorative Datenanalyse durchgeführt. In der explorativen Datenanalyse zeigte sich keine Normalverteilung der Daten. Dennoch wurden, wie in der Vorgängerstudie, unabhängige t-Tests verwendet, um die demographischen Parameter zwischen den beiden Gruppen zu vergleichen.

3 Ergebnisse

Demographische Daten

Das Durchschnittsalter der Männer betrug zum Zeitpunkt der Datenerhebung 74 Jahre (61-86 Jahre). Die Frauen waren im Durchschnitt 79 Jahre alt (60-92 Jahre).

Ein Follow-up von mindestens 20 Jahren seit Implantation der Knieendoprothese konnte sowohl in der männlichen als auch in der weiblichen Teilnehmergruppe erreicht werden (20-24 Jahre). (Tabelle 2)

Tabelle 2: Demographische Daten zu Geschlecht, Alter und Follow-up-Zeit (Durchschnitt; (min – max))

	<i>Männlich</i> (n=3)	<i>Weiblich</i> (n=14)
<i>Alter in Jahren</i>	74; (61-86)	79; (60-92)
<i>Follow-up Zeit in Jahren</i>	21.33; (20-22)	22; (20-24)

Sowohl in der männlichen als auch in der weiblichen Studiengruppe war jeweils ein Revisionseingriff bzw. Prothesenwechsel aufgrund von Prothesenlockerung notwendig. Eine Prothesenliegedauer von mind. 20 Jahren konnte jedoch erreicht werden. Die Beurteilung der ursprünglichen Prothese war zum Zeitpunkt der Datenerhebung aufgrund der Revisionsoperation nicht mehr möglich, weshalb diese beiden Studienteilnehmer bei der Evaluierung der klinischen Parameter (WOMAC, KSS, VAS, ROM) nicht mehr berücksichtigt wurden, um eine Verfälschung der Ergebnisse zu vermeiden.

Komplikationen, Drop-out-Rate

Es wurde jeweils in beiden Geschlechtergruppen eine Prothese aufgrund von aseptischer Lockerung gewechselt. Ein Follow-up von mindestens 20 Jahren wurde dennoch erreicht.

Es liegen keine Daten vor, dass die jeweilige Todesursache der aus der Studie ausgeschlossenen Probandinnen und Probanden mit einer implantierten Knieprothese in Verbindung steht. Diese 91 Todesfälle wurden deshalb nicht als Komplikation bei Implantation einer Knieprothese gezählt.

Limitationen

Die bedeutendste Einschränkung dieser Studie ist die zu geringe Fallzahl von insgesamt 15 Probandinnen und Probanden. Die geringe Stichprobengröße erhöht die Wahrscheinlichkeit von Zufallseffekten. Auch die ungleiche Verteilung der Geschlechter limitiert die Aussagekraft der Studie: Die Anzahl der männlichen Teilnehmer umfasst lediglich zwei Personen, im Vergleich zu 13 Frauen. Eine sinnvolle statistische Auswertung hinsichtlich geschlechtsspezifischer Unterschiede im klinischen Outcome ist daher nicht möglich. Daher sind weitere Studien mit größeren und ausgewogeneren Stichproben notwendig, um belastbare Schlussfolgerungen ziehen zu können.

Eine weitere Limitation betrifft das Alter der Probandinnen und Probanden. Aufgrund ihres hohen Alters sind viele Patientinnen und Patienten unabhängig von der Knieprothese durch weitere (altersbedingte) Diagnosen im Alltag hinsichtlich Mobilität und Funktion stark eingeschränkt. Die erhobenen Parameter und Scores (WOMAC, KSS) bezogen auf das Outcome der Knieprothese sind deshalb nur bedingt interpretierbar und verlieren an Aussagekraft. Altersbezogene Unterschiede sollten in Zusammenschau mit einer gesunden Kontrollgruppe interpretiert und in Folgestudien gegebenenfalls altersspezifisch korrigiert werden.

Da die männlichen Studienteilnehmer beim 10-Jahres Follow-up 2014 bereits ein Durchschnittsalter von 74,9 Jahre erreicht hatten und die weiblichen Teilnehmerinnen 79,5 Jahre (3), konnte ein großer Teil des Patientenkollektivs zehn Jahre später aufgrund des hohen Alters und/oder Todesfall nicht mehr in die Studie eingeschlossen werden. Es gibt einen sehr großen Loss-of-Follow-up. Generell ist zu sagen, dass die Teilnehmerzahl im Vergleich zu Kastner et al. (3) insgesamt stark gesunken ist. Dies ist auf die bereits oben erwähnte Altersverteilung und den langen Follow-up Zeitrahmen zurückzuführen.

Lebensqualität und klinische Parameter

WOMAC

Der durchschnittliche WOMAC-Score in der männlichen Studiengruppe betrug 55,10, bei den weiblichen Studienteilnehmerinnen ist er mit 83,77 höher ($p = 0,583$). (Tabelle 3)

Tabelle 3: Vergleich WOMAC-Score (Mittelwert; SD) zwischen Männern und Frauen 20 Jahre nach Implantation der LCS-KTEP

	Männlich (n=2)	Weiblich (n=13)	p-Wert
WOMAC	55.10; 52.89	83.77; 11.01	0.583

Vergleicht man die weibliche Teilnehmergruppe mit dem 10-Jahres Follow-up aus Kastner et. al (3), so ist der durchschnittliche WOMAC-Score der Frauen nach 20 Jahren mit 83,77 etwas höher als nach 10 Jahren (81,46), jedoch ohne statistische Signifikanz. (Tabelle 4, Fig.1)

Tabelle 4: Vergleich WOMAC (Mittelwert; SD) der weiblichen Teilnehmerinnen 10 vs. 20 Jahre nach Implantation einer LCS-KTEP

	Weiblich (n=13)	p-Wert (einseitig/zweiseitig)
WOMAC nach 10 Jahren	81.46; 17.88	0.348/0.696
WOMAC nach 20 Jahren	83.77; 11.01	

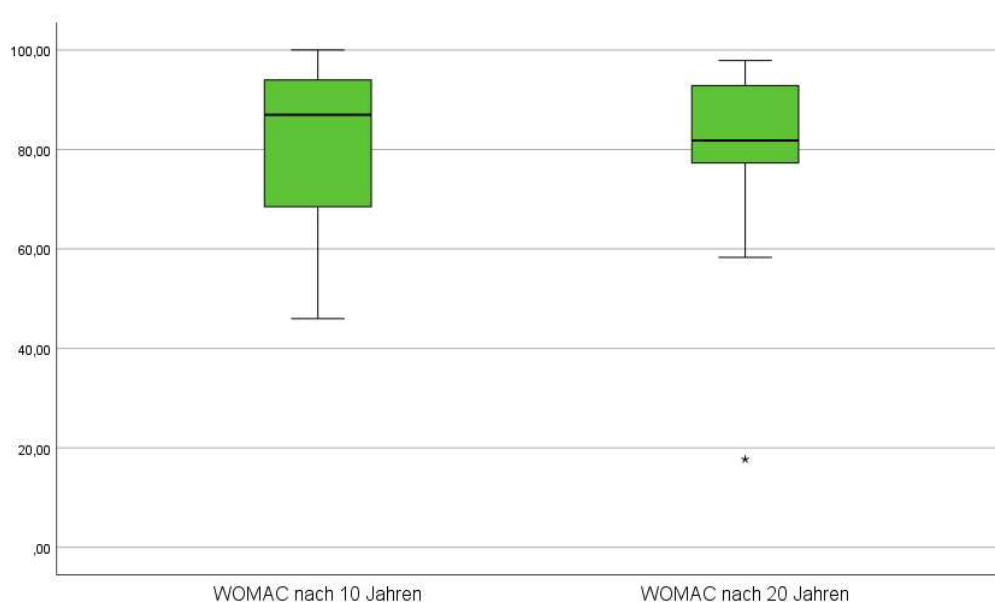


Figure 1: Vergleich WOMAC der weiblichen Teilnehmerinnen 10 Jahre vs. WOMAC 20 Jahre nach Implantation einer LCS-KTEP

KSS Schmerz/Funktion

Die männlichen Studienteilnehmer erreichten einen durchschnittlichen KSS Schmerz-Score von 65, wohingegen die weiblichen Teilnehmerinnen im Durchschnitt 82,62 Punkte erzielten ($p = 0,595$). (Tabelle 5)

Tabelle 5: Vergleich KSS Schmerz (Mittelwert; SD) zwischen Männer und Frauen 20 Jahre nach Implantation einer LCS-KTEP

	<i>Männlich</i> (<i>n=2</i>)	<i>Weiblich</i> (<i>n=13</i>)	<i>p-Wert</i>
<i>KSS Schmerz</i>	65; 33.94	82.62; 17.78	0.595

Der Mittelwert des KSS Funktion-Scores betrug bei den Männern 37,5, die Frauen erreichten im Mittel 51,54 Punkte ($p = 0,773$). (Tabelle 6)

Tabelle 6: Vergleich KSS Funktion (Mittelwert; SD) zwischen Männern und Frauen 20 Jahre nach Implantation einer LCS-KTEP

	<i>Männlich</i> (<i>n=2</i>)	<i>Weiblich</i> (<i>n=13</i>)	<i>p-Wert</i>
<i>KSS Funktion</i>	37.50; 53.03	51.54; 31.65	0.773

Der Vergleich der weiblichen Teilnehmergruppe hinsichtlich des KSS Funktion und Schmerz mit den 10-Jahres-Ergebnissen aus der Studie von Kastner et al. (3) zeigt auch hier Unterschiede. Im KSS Funktion erreichten die Frauen nach 10 Jahren einen durchschnittlichen Wert von 80,38, nach 20 Jahren nur noch 51,54 Punkte. Mit einem $p = 0,007$ bzw. $0,015$ ist dieser Unterschied statistisch signifikant* (Tabelle 7, Fig.2).

Der Unterschied zwischen KSS Schmerz aus den 10-Jahres-Ergebnissen und dem aktuellen 20-Jahres Follow-up fällt deutlich geringer aus. Der durchschnittliche Score betrug 10 Jahre nach Implantation 85,92 und sank nach insgesamt 20 Jahren auf 82,62 ab. Ein p -Wert von $0,327$ ist hier nicht statistisch signifikant. (Tabelle 7, Fig.2)

Tabelle 7: Vergleich des KSS (Mittelwert; SD) der weiblichen Teilnehmerinnen 10 vs. 20 Jahre nach Implantation einer LCS-KTEP

	Weiblich (n=13)	p-Wert (einseitig/zweiseitig)
KSS Schmerz nach 10 Jahren	85.92; 13.70	0.327/0.654
KSS Schmerz nach 20 Jahren	82.62; 17.78	
KSS Funktion nach 10 Jahren	80.38; 19.20	0.007*/0.015*
KSS Funktion nach 20 Jahren	51.54; 31.65	

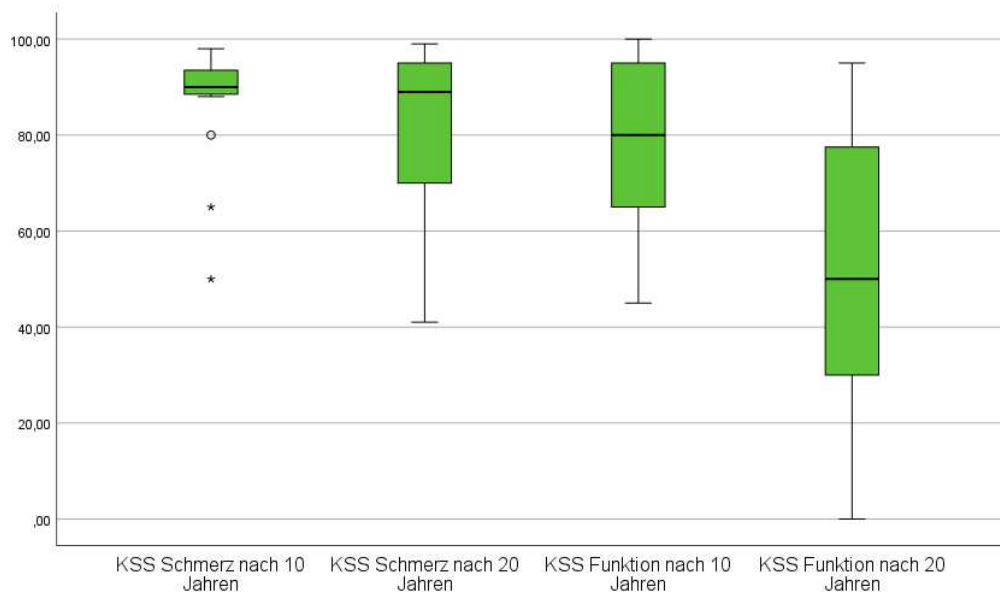


Figure 2: Vergleich KSS der weiblichen Teilnehmerinnen 10 Jahre vs. KSS 20 Jahre nach Implantation einer LCS-KTEP

Bei „KSS Schmerz nach 20 Jahren“ handelt es sich um eine linksschiefe Verteilung, „KSS Funktion nach 20 Jahren“ kann als eher symmetrische Verteilung interpretiert werden. In der grafischen Veranschaulichung sieht man die breitere Streuung im 20-Jahres-Vergleich deutlich. In Zusammenschau mit der geringen Stichprobengröße wird auch hier die geringe Aussagekraft der statistischen Tests mit in Folge weniger verlässlichen Ergebnissen ersichtlich (Fig.2).

VAS

Auf der Schmerzskala VAS wird bei den Männern durchschnittlich 5,50 angegeben, bei den Frauen 0,92 ($p = 0,310$). (Tabelle 8)

In der Vorgängerstudie konnte ein durchschnittlicher VAS bei Männern von lediglich 1,03 ermittelt werden, der der Frauen lag bei 1,56. (3)

Tabelle 8: Vergleich VAS (Mittelwert; SD) zwischen Männern und Frauen 20 Jahre nach Implantation einer LCS-KTEP

	Männlich (n=2)	Weiblich (n=13)	p-Wert
VAS	5.50; 3.54	0,92; 1.71	0.310

ROM

Die Kniebeweglichkeit ist in der männlichen Vergleichsgruppe im Durchschnitt 90°. Die Frauen haben im Vergleich eine höhere durchschnittliche Beweglichkeit von 98,46° ($p = 0,560$). (Tabelle 9)

Tabelle 9: Vergleich ROM (Mittelwert; SD) zwischen Männern und Frauen 20 Jahre nach Implantation einer LCS-KTEP

	<i>Männlich</i> (n=2)	<i>Weiblich</i> (n=13)	<i>p-Wert</i>
<i>ROM in °</i>	90; 14.14	98,46; 27.72	0,560

4 Diskussion

Das klinische Ergebnis von geschlechtsspezifischen Prothesen im Vergleich zur konventionellen Knieprothese bei Frauen wurde in einer systematischen Übersichtsarbeit von 2020 durch Sappey-Marinié et al. (9) aufgearbeitet. Hier zeigte sich, abgesehen von einem geringeren, femoralen Überhang der geschlechtsspezifischen Prothese, kein klinischer Benefit gegenüber der Standardprothese.

Merchant et al. (10) und Cheng et al. (8) berichteten bei der Versorgung mit einer Standardprothese, dass Frauen im Vergleich zu Männern ähnlich gute oder sogar bessere Ergebnisse erzielten. Auch Kastner et al. (3) kam 2014 zu dem Schluss, dass das klinische Outcome einer LCS-KTEP nicht geschlechtsabhängig ist. Ayers et al. (11) bestätigte 2024 in einer prospektiven Multicenter-Kohortenstudie mit 11.602 Teilnehmerinnen und Teilnehmern ein ähnliches Resultat: Obwohl Frauen vor der Knieprothesenimplantation in Bezug auf Schmerz, Funktion und Lebensqualität schlechtere Ausgangswerte aufweisen, erreichten sie fünf Jahre nach der Operation ein vergleichbar gutes klinisches Ergebnis wie Männer.

Die derzeitige Studienlage ist dennoch kontrovers. Parsley et al. (52) untersuchte ebenso das geschlechtsspezifische Outcome zwischen Männern und Frauen, welche mit einer Standardprothese versorgt wurden. In dieser Studie mit 698 Patientinnen und Patienten konnte kein gleichwertiges Ergebnis zwischen Männern und Frauen erzielt werden. Trotz ähnlich gutem postoperativem Verbesserungspotential hatten weibliche Teilnehmerinnen absolut gesehen schlechtere Werte hinsichtlich KSS Funktion. In der Studie von Ritter et al. (2) erreichten Frauen bei gleich guten oder höherem Verbesserungspotential ebenso geringere postoperative Scores im Vergleich zu Männern. In beiden Studien kommen die Autoren jedoch zum Schluss, dass eine deutliche klinische Verbesserung durch die geschlechtsspezifische Prothese unwahrscheinlich ist, da auch die Unterschiede im Outcome zwischen den Geschlechtern nur minimal sind.

Die Hypothese der vorliegenden Studie war, dass Frauen von einer geschlechtsspezifischen Prothese profitieren und sich das Outcome der Patientinnen und Patienten nach Implantation einer LCS-Knie totalendoprothese hinsichtlich Lebensqualität, klinischem Ergebnis und Komplikationen zwischen Männern und Frauen unterscheidet.

Vergleicht man die Lebensqualität der Frauen 10 und 20 Jahre nach KTEP-Implantation, finden sich sowohl bei WOMAC als auch KSS Schmerz 20 Jahre nach Prothesenimplantation ähnliche Werte wie vor 10 Jahren. Lediglich der Teilscore KSS Funktion weist einen statistisch signifikanten Unterschied auf und ist geringer als noch vor 10 Jahren. Diese vermeintliche Abnahme in der Funktion der Knieprothese muss jedoch im Kontext des zunehmenden Alters und damit einhergehenden, altersbedingten Einschränkung gesehen werden. Betrachtet man die rechnerische Zusammensetzung des KSS Funktion genauer, so gibt es für die Verwendung von Gehhilfen oder eine verringerte Gehstrecke Abzugspunkte. Es sollte deshalb erwähnt werden, dass aufgrund des Alters und der generellen altersbedingten Gebrechlichkeit viele der Probandinnen (7 von 13) auf eine Gehhilfe angewiesen sind und diese aber nicht allein aufgrund der Knieprothese benötigt wird. Auch die maximale Gehleistung ist oft nur noch auf die eigene Wohnung beschränkt. So ist es nicht verwunderlich, dass die Werte im Vergleich zum 10-Jahres-Follow-up gesunken sind. Ein direkter Rückschluss auf eine Malperformance der Prothese kann deshalb jedoch nicht gezogen werden. Unter dieser Berücksichtigung lässt sich keine wesentliche Abnahme der Lebensqualität durch die Knieprothese nachweisen.

Aufgrund der geringen männlichen Teilnehmerzahl in dieser Studie konnte jedoch kein direkter, qualitativ wertvoller Vergleich zwischen Männern und Frauen gestellt werden und die Forschungsfrage mit der vorliegenden Arbeit nicht vollständig beantwortet werden. Es wurde versucht, etwaige geschlechtsspezifische Tendenzen auf rein deskriptive und explorative Weise aufzuarbeiten und darzulegen.

Um jedoch einen seriösen Vergleich zwischen Männern und Frauen 20 Jahre nach KTEP-Implantation ziehen zu können, sollte in einer Folgestudie der weitere klinische Verlauf männlicher Teilnehmer untersucht werden und ob sich im Laufe von 20 Jahren ähnliche Ergebnisse erzielen lassen. In dieser Studie kann nur festgehalten werden, dass es in der weiblichen Studiengruppe zu keiner relevanten Abnahme des klinischen Outcomes der Knieprothese gekommen ist.

In weiterführenden Studien könnten auch andere Faktoren (wie beispielsweise Gewicht, Größe oder sportliche Aktivität) untersucht werden, die das klinische Outcome unabhängig der Prothesenart beeinflussen könnten.

Schlussfolgerung

Durch die vorliegende Follow-up-Studie kann festgehalten werden, dass Frauen mit der herkömmlichen Prothese auch 20 Jahre nach LCS-KTEP-Implantation ein ähnlich gutes klinisches Outcome wie nach 10 Jahren postoperativ erreichen und es zu keiner relevanten Abnahme der Lebensqualität der Patientinnen durch die Standard-Knieprothese gekommen ist. Aufgrund des geringen Datensatzes kann keine definitive Antwort hinsichtlich der geschlechtsspezifischen Unterschiede zwischen Männern und Frauen bei Versorgung durch eine LCS-KTEP gegeben werden.

Die Notwendigkeit der geschlechtsspezifischen Knieprothese ist aufgrund bisheriger Ergebnisse vorerst nicht gegeben, weiterführende Studien zur definitiven Beantwortung dieser Frage sind Gegenstand zukünftiger Forschungsarbeiten.

5 Literaturverzeichnis

1. Martin G, Harris I. Total knee arthroplasty. Accessed on 11.06.2023. In: UpToDate [Internet].
2. Ritter MA, Wing JT, Berend ME, Davis KE, Meding JB. The clinical effect of gender on outcome of total knee arthroplasty. *J Arthroplasty*. 2008;23(3):331-6.
3. Kastner N, Aigner BA, Meikl T, Friesenbichler J, Wolf M, Glehr M, et al. Gender-specific outcome after implantation of low-contact-stress mobile-bearing total knee arthroplasty with a minimum follow-up of ten years. *Int Orthop*. 2014;38(12):2489-93.
4. Conley S, Rosenberg A, Crowninshield R. The Female Knee: Anatomic Variations. *JAAOS - Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*. 2007;15:S31-S6.
5. Hitt K, Shurman JR, 2nd, Greene K, McCarthy J, Moskal J, Hoeman T, et al. Anthropometric measurements of the human knee: correlation to the sizing of current knee arthroplasty systems. *J Bone Joint Surg Am*. 2003;85-A Suppl 4:115-22.
6. Chin KR, Dalury DF, Zurakowski D, Scott RD. Intraoperative measurements of male and female distal femurs during primary total knee arthroplasty. *J Knee Surg*. 2002;15(4):213-7.
7. Hawker GA, Wright JG, Coyte PC, Williams JI, Harvey B, Glazier R, et al. Differences between men and women in the rate of use of hip and knee arthroplasty. *N Engl J Med*. 2000;342(14):1016-22.
8. Cheng T, Zhu C, Wang J, Cheng M, Peng X, Wang Q, et al. No clinical benefit of gender-specific total knee arthroplasty. *Acta Orthop*. 2014;85(4):415-21.
9. Sappey-Mariniere E, Swan J, Batailler C, Servien E, Lustig S. No clinical benefit from gender-specific total knee replacement implants: a systematic review. *Sicot j*. 2020;6:25.
10. Merchant AC, Arendt EA, Dye SF, Fredericson M, Grelsamer RP, Leadbetter WB, et al. The female knee: anatomic variations and the female-specific total knee design. *Clin Orthop Relat Res*. 2008;466(12):3059-65.
11. Ayers DC, Zheng H, Yang W, Yousef M. Gender Differences in Pain, Function, and Quality of Life Five Years Following Primary Total Knee Arthroplasty. *J Arthroplasty*. 2024;39(8s1):S100-s7.
12. Evans JT, Walker RW, Evans JP, Blom AW, Sayers A, Whitehouse MR. How long does a knee replacement last? A systematic review and meta-analysis of case series and national registry reports with more than 15 years of follow-up. *Lancet*. 2019;393(10172):655-63.
13. Platzer W. Taschenatlas Anatomie - Bewegungsapparat. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 2013.
14. Anderhuber F, Pera F, Streicher J. Waldeyer Anatomie des Menschen. Berlin/Boston: Walter de Gruyter GmbH & Co. KG.; 2012.
15. Schünke M, Schulte E, Schuhmacher U. Prometheus - Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem. Stuttgart: Thieme; 2005.
16. Rüter W, Lohmann C. Orthopädie und Unfallchirurgie. München: Elsevier GmbH; 2014.
17. Ficklscherer A. Kurzlehrbuch Orthopädie und Unfallchirurgie. München: Elsevier GmbH; 2018.
18. Waschke J, Paulsen F. Sobotta, Atlas der Anatomie des Menschen Band 1. München: Elsevier GmbH; 2022.
19. Rixen D, Schoepp C, Tingart M. Kniechirurgie. München, Deutschland: Elsevier; 2017.

20. Jagodzinski M, Friedrich N, Müller W. Das Knie - Form, Funktion und ligamentäre Wiederherstellungschirurgie. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag; 2016.
21. Wirtz D. AE - Manual der Endoprothetik. Heidelberg: Springer; 2011.
22. Wittenberg S, Sentuerk U, Renner L, Weynandt C, Perka CF, Gwinner C. Bedeutung des tibialen Slopes in der Knieendoprothetik. *Der Orthopäde*. 2020;49(1):10-7.
23. Galla M, Lobenhoffer P. Physiologische Achsenverhältnisse des Beines und die Auswirkung von Fehlstellungen. *Kniegelenknahe Osteotomien*. 2., vollständig überarbeitete Auflage ed. Stuttgart: Georg Thieme Verlag KG; 2014.
24. Hendrich C, Sauer U, Rader CP. Biomechanik und Biomaterialien für Knieendoprothesen. *BioNanoMaterials*. 2000;1(1):25-31.
25. Mahoney OM, Kinsey T. Overhang of the femoral component in total knee arthroplasty: risk factors and clinical consequences. *J Bone Joint Surg Am*. 2010;92(5):1115-21.
26. Dargel J, Michael JW, Feiser J, Ivo R, Koebke J. Human knee joint anatomy revisited: morphometry in the light of sex-specific total knee arthroplasty. *J Arthroplasty*. 2011;26(3):346-53.
27. Juhn M. Patellofemoral pain syndrome: a review and guidelines for treatment. *Am Fam Physician*. 1999.
28. Krauß I. Sport- und Bewegungstherapie bei Gon- und Coxarthrose. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*. 2016;67(11):276-81.
29. Srikanth VK, Fryer JL, Zhai G, Winzenberg TM, Hosmer D, Jones G. A meta-analysis of sex differences prevalence, incidence and severity of osteoarthritis. *Osteoarthritis Cartilage*. 2005;13(9):769-81.
30. Fuchs J, Rabenberg M, Scheidt-Nave C. Prävalenz ausgewählter muskuloskelettaler Erkrankungen. *Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz*. 2013;56(5):678-86.
31. Gumpert N, Fischer M, Henninger M, Hochholz G, Kasprak T, Jürgen S. Die 50 wichtigsten Fälle Orthopädie. München: Elsevier GmbH; 2013.
32. Müller N. Taschenlehrbuch Orthopädie und Unfallchirurgie. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 2010.
33. de Boer TN, van Spil WE, Huisman AM, Polak AA, Bijlsma JW, Lafeber FP, et al. Serum adipokines in osteoarthritis; comparison with controls and relationship with local parameters of synovial inflammation and cartilage damage. *Osteoarthritis Cartilage*. 2012;20(8):846-53.
34. Derry S, Conaghan P, Da Silva JA, Wiffen PJ, Moore RA. Topical NSAIDs for chronic musculoskeletal pain in adults. *Cochrane Database Syst Rev*. 2016;4(4):Cd007400.
35. McAlindon TE, LaValley MP, Harvey WF, Price LL, Driban JB, Zhang M, et al. Effect of Intra-articular Triamcinolone vs Saline on Knee Cartilage Volume and Pain in Patients With Knee Osteoarthritis: A Randomized Clinical Trial. *Jama*. 2017;317(19):1967-75.
36. Callaghan MJ, Parkes MJ, Hutchinson CE, Gait AD, Forsythe LM, Marjanovic EJ, et al. A randomised trial of a brace for patellofemoral osteoarthritis targeting knee pain and bone marrow lesions. *Ann Rheum Dis*. 2015;74(6):1164-70.
37. Moyer RF, Birmingham TB, Bryant DM, Giffin JR, Marriott KA, Leitch KM. Valgus bracing for knee osteoarthritis: a meta-analysis of randomized trials. *Arthritis Care Res (Hoboken)*. 2015;67(4):493-501.
38. Niethard F, Pfeil J, Biberthaler P. Gonarthrose. *Duale Reihe Orthopädie und Unfallchirurgie*. 9., überarbeitete Auflage ed: Georg Thieme Verlag KG; 2022.
39. Zichner L, Hofem R, Marx A. Scharnier-Kniegelenks-Endoprothese. *Der Orthopäde*. 2000;29(1):S52-S3.

40. EB. Knieendoprothese: Speziell für Frauen. Dtsch Arztebl International. 2007;104(36):A-2441.
41. Merle C, Herre J, Aldinger P. Endoprothetik des Kniegelenkes. Endoprothetik: Ein Leitfaden für den Praktiker. 3. Auflage. Berlin/Boston: De Gruyter GmbH; 2013.
42. Stringer MD, Steadman CA, Hedges AR, Thomas EM, Morley TR, Kakkar VV. Deep vein thrombosis after elective knee surgery. An incidence study in 312 patients. J Bone Joint Surg Br. 1989;71(3):492-7.
43. Speelziek SJA, Staff NP, Johnson RL, Sierra RJ, Laughlin RS. Clinical spectrum of neuropathy after primary total knee arthroplasty: A series of 54 cases. Muscle Nerve. 2019;59(6):679-82.
44. Butt U, Samuel R, Sahu A, Butt IS, Johnson DS, Turner PG. Arterial injury in total knee arthroplasty. J Arthroplasty. 2010;25(8):1311-8.
45. Bohl D, Wetters N, Del Gaizo D, Jacobs J, Rosenberg A, Della Valle C. Repair of Intraoperative Injury to the Medial Collateral Ligament During Primary Total Knee Arthroplasty. J Bone Joint Surg Am. 2016;98(1):35-9.
46. Sharkey PF, Lichstein PM, Shen C, Tokarski AT, Parvizi J. Why are total knee arthroplasties failing today--has anything changed after 10 years? J Arthroplasty. 2014;29(9):1774-8.
47. Orthopaedic Scores [Website]. [Available from: <http://www.orthopaedicscores.com>].
48. Martimbianco AL, Calabrese FR, Iha LA, Petrilli M, Lira Neto O, Carneiro Filho M. Reliability of the "American Knee Society Score" (AKSS). Acta Ortop Bras. 2012;20(1):34-8.
49. Insall JN, Dorr LD, Scott RD, Scott WN. Rationale of the Knee Society clinical rating system. Clin Orthop Relat Res. 1989(248):13-4.
50. Mariano E. Approach to the management of acute pain in adults. Accessed on 17.06.2024. In: UpToDate [Internet].
51. Thomann K, Grosser V, Schröter F. Orthopädisch-unfallchirurgische Begutachtung - Praxis der klinischen Begutachtung. München: Elsevier; 2020.
52. Parsley BS, Bertolusso R, Harrington M, Brekke A, Noble PC. Influence of gender on age of treatment with TKA and functional outcome. Clin Orthop Relat Res. 2010;468(7):1759-64.

Anhang

Fragebogen für WOMAC:

KTEP-Alignment

Graz, am
postop. (Dauer in Mo)

WOMAC

Symptome

Diese Fragen beziehen sich auf Beschwerden von Seiten Ihres Kniegelenkes in den vergangenen Tagen.

S1. Haben Sie Schwellungen an Ihrem Knie?

niemals selten manchmal oft immer

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

niemals selten manchmal oft immer

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

niemals selten manchmal oft immer

S4. Können Sie Ihr Knie ganz ausstrecken?

immer oft manchmal selten nie

S5. Können Sie Ihr Knie ganz beugen?

immer oft manchmal selten nie

Steifigkeit

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

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

KTEP-Alignment

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 drehen?

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

Schwierigkeiten im täglichen Leben

Die nachfolgenden Fragen beziehen sich auf Ihre körperliche Leistungsfähigkeit. Welche Schwierigkeiten hatten Sie in den vergangenen Tagen, als Sie

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

KTEP-Alignment

- 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

Vielen Dank

für die Ausfüllung des Fragebogens!

Seite 3 von 3

Fragebogen für KSS:

KNEE SOCIETY SCORE

KTEP-Alignment

Graz, am _____

p postop. (Dauer in Mo)

- p A = unilateral oder bilateral, Gegenseite o.B.
 p B = unilateral, Gegenseite symptomatisch
 p C = multiple Arthritis oder Arthrose

SCHMERZ	FUNKTION
kein 50	Gehleistung
gering oder gelegentlich 45	unbeschränkt 50
beim Stiegensteigen 40	> 2km 40
beim Gehen und Stiegensteigen 30	1 - 2km 30
mäßig gelegentlich 20	< 1km 20
mäßig ständig 10	Wohnung 10
stark 0	unfähig 0
RANGE OF MOTION (5° = 1 Punkt, max. 25 Punkte) _____	Stiegen
STABILITÄT (max. Bewegung in jeder Pos.)	beschwerdefrei 50
Anteroposterior	hinunter schmerzfrei mit Geländer 40
< 5mm 10	auf- und abwärts mit Geländer 30
5-10mm 5	abwärts unmöglich 15
> 10mm 0	unmöglich 0
Mediolateral	Subtotal: _____
< 5° 15	ABZÜGE
6°-9° 10	1 Stock 5
10°-14° 5	2 Stöcke 10
15° 0	Krücken oder Gestell 20
Subtotal: _____	Abzüge total: _____
ABZÜGE	
Flexionskontraktur	
5°-10° 2	
11°-15° 5	
16°-20° 10	
> 20° 15	
Streckdefizit (aktiv)	
< 10° 5	
11°-20° 10	
> 20° 15	
Tibiofemoral-Winkel	
5°-10° (valgus) 0	
0°-4° (varus, max. 15 Pkte) 3 Pkte pro Grad	
11°-15° (valgus, max. 15 Pkte) 3 Pkte pro Grad	
Abzüge total: _____	
(falls negative Zahl Score = 0)	
TOTAL: _____	TOTAL: _____
(max. 100 Punkte)	(max. 100 Punkte)

Insaß et al. Rationale of the Knee Society Clinical Rating System, Clin. Orthop. 248 (1989) 13