

Diplomarbeit

Geschlechterspezifische Unterschiede in der nativradiologischen Ausprägung der Gonarthrose zum Zeitpunkt des endoprothetischen Kniegelenkersatzes im Kollektiv der Universitätsklinik für Orthopädie und Orthopädische Chirurgie Graz

eingereicht von

Benjamin Gschöpf

Geb.Dat.: 02.07.1986

zur Erlangung des akademischen Grades

**Doktor der gesamten Heilkunde
(Dr. med. univ.)**

an der

Medizinischen Universität Graz

ausgeführt an der

Klinik für Orthopädie und orthopädische Chirurgie

unter der Anleitung von

ao. Univ.-Prof.ⁱⁿ Dr.ⁱⁿ med. univ. Éva Rásky. MME. MSc

FÄin. Dr.ⁱⁿ med. univ. Susanne Scheipl

Ass. Arzt Dr. Dr. med. univ. Patrick Sadoghi

Ort, Datum

(Unterschrift)

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.

Graz, am

Unterschrift

Danksagungen

Ich möchte mich an dieser Stelle bei meinen BetreuerInnen, Frau ao. Univ.-Prof.ⁱⁿ Dr.ⁱⁿ med. univ. Éva Rásky, Frau Dr.ⁱⁿ med. univ. Susanne Scheipl und Herrn Ass.- Arzt Dr. med. univ. Patrick Sadoghi für ihre tatkräftige Unterstützung bedanken.

Mein Dank gilt auch meinen Eltern, welche mir das Studium finanziert und mich in jeder Lebenslage unterstützt haben.

Zusammenfassung

Hintergrund

Die Arthrose ist die häufigste Gelenkserkrankung in den westlichen Industriestaaten mit dem Kniegelenk als führender Lokalisation.

In mehreren Studien wird eine erhöhte Inzidenz und Prävalenz der Gonarthrose bei Frauen angegeben. Ziel dieser Arbeit im Rahmen der Gender-Forschung an der Universitätsklinik für Orthopädie und orthopädischen Chirurgie Graz war es daher, eventuell vorhandene Geschlechtsunterschiede in Hinblick auf die präoperative Gonarthroseausprägung bzw. Achsfehlstellung im eigenen PatientInnenkollektiv zu erfassen.

Methoden

Es wurden anhand von 340 Kniegelenken (130 männlichen und 210 weiblichen) die präoperativen Arthrosegrade nach Kellgren und Lawrence in den drei Kompartimenten (medial, lateral und retropatellar) zu zwei verschiedenen Zeitpunkten, zur Bestimmung der Intraobserver-Variabilität, evaluiert. Zusätzlich zu den Arthrosegraden wurden von 303 Kniegelenken (186 weiblichen und 117 männlichen) die relevanten Winkel (α , β , δ und δ') im Kniegelenk vermessen um eventuelle geschlechterspezifische Unterschiede auszumachen.

Ergebnisse

Es gab zu keinem der beiden Beurteilungszeitpunkte einen Unterschied der Arthrosegrade zwischen den Geschlechtern im medialen und lateralen Kompartiment. Im retropatellaren Kompartiment hatten Frauen signifikant höhere Arthrosegrade als Männer ($p = 0,002$). Für alle Kompartimente ergab sich eine gute Reliabilität der beiden Lesungen mit einer beachtlichen, substanziellen Übereinstimmung.

In Bezug auf die vermessenen Winkel konnte eine vermehrte Valgusstellung bei Frauen bestätigt werden. Männer hatten tendenziell stärkere Varusstellungen. Zusätzlich bestand die bereits bekannte Korrelation von Varus- und Valgusfehlstellungen mit medialer und lateraler Arthrose.

Schlussfolgerung

Es gibt geschlechterspezifische Unterschiede zwischen PatientInnen, welche vor dem endoprothetischen Kniegelenksatz stehen.

Frauen haben aus noch nicht zur Gänze geklärten Gründen höhere retropatellare Arthrosegrade als Männer. Konkordant zur Literatur überwiegen bei Frauen Valgus- und bei Männern Varusfehlstellungen.

Abstract

Background

Osteoarthritis (OA) is the most common joint disease in Western populations with the knee joint being most commonly affected.

Several studies describe a higher incidence and prevalence of OA in the knee joint in females compared to males. In this study we focus on sex specific differences in the severity of radiographic OA and joint malalignment prior to knee joint replacement.

Methods

We analyzed 340 knee joints of 130 males and 210 females for their severity of radiographic osteoarthritis prior to surgery. OA was studied for the medial, the lateral, and the patellofemoral joint compartment, respectively. The severity of OA was classified according to the scheme provided by Kellgren and Lawrence. We analyzed the radiographs twice at two different time points to determine intraobserver reliability. Furthermore, we performed alignment measurements based on relevant joint angles (α , β , δ and δ') in 303 knee joints (186 female and 117 male knees).

Results

There were no significant sex differences regarding arthrosis of the medial and the lateral knee joint compartment. Yet, patellofemoral OA was significantly more severe in women than in men ($p = 0,002$). We observed good intraobserver reliability for all OA-measurements.

The alignment measurements revealed a higher incidence of valgus malalignment in women, whereas varus malalignment was more frequently and more distinctly observed in men. In addition, we could confirm a correlation of varus- and valgus malalignment with medial and lateral osteoarthritis.

Conclusion

There are sex specific differences between patients who undergo endoprosthetic surgery of the knee. Women show higher grades of patellofemoral osteoarthritis compared to men. Furthermore, valgus malalignment is more common in females, whereas varus malalignment is more frequently observed in males.

Inhaltsverzeichnis

Danksagungen	ii
Zusammenfassung	iii
Abstract.....	iv
Inhaltsverzeichnis	v
Glossar und Abkürzungen	vii
Abbildungsverzeichnis	viii
Tabellenverzeichnis.....	x
1 Einleitung	1
1.1 Anatomie des Kniegelenkes/der Articulatio genus.....	1
1.1.1 Knöcherne Strukturen und Gelenkkapsel.....	1
1.1.2 Menisci	1
1.1.3 Bänder	2
1.2 Mechanik des Kniegelenkes	4
1.3 Arthrose	5
1.3.1 Definition	5
1.3.2 Ätiologie einer Arthrose	6
1.3.3 Pathogenese.....	8
1.3.4 Epidemiologie der Gonarthrose	10
1.3.5 Klinik der Gonarthrose.....	13
1.3.6 Diagnostik einer Gonarthrose	13
1.3.7 Prinzipien des therapeutischen Vorgehens.....	18
1.3.8 Gender-Aspekte der Gonarthrose sowie des endoprothetischen Kniegelenkersatzes.....	25
1.4 Radiologische Diagnostik	26
1.4.1 Aufbau eines Röntgengerätes	26
1.4.2 Erzeugung von Röntgenstrahlung	27
1.4.3 Bilderzeugung.....	27
1.5 Präoperative Röntgeneinstellungen	29
1.6 Arthrosegrade nach Kellgren und Lawrence (1957).....	30
1.7 Beinachsen.....	36
1.7.1 Winkel der unteren Extremität.....	36
1.8 Studienziele.....	38

2	<i>Material und Methoden</i>	39
2.1	Studiendesign und Einschlusskriterien	39
2.2	Bestimmung der nativradiologischen Arthrosegrade	41
2.3	Vermessung der Winkel.....	42
2.4	Statistische Auswertung.....	44
3	<i>Ergebnisse</i>	45
3.1	PatientInnenkollektiv	45
3.1.1	<i>Altersverteilung</i>	45
3.1.2	<i>BMI</i>	46
3.2	Nativradiologische Bestimmung der Arthrosegrade.....	47
3.2.1	<i>Arthrosegrade zum Lesezeitpunkt 1</i>	47
3.2.2	<i>Arthrosegrade zum Lesezeitpunkt 2</i>	50
3.2.3	<i>Intraobserver-Variabilität</i>	51
3.2.4	<i>Einfluss der Achsfehlstellung auf die vermessenen Winkel</i>	52
3.2.5	<i>Korrelation von Geschlecht und Achsfehlstellung</i>	53
3.3	Korrelation von Achsfehlstellungen und Ausprägung der Arthrose	57
4	<i>Diskussion</i>	59
5	<i>Literaturverzeichnis</i>	65

Glossar und Abkürzungen

Lig.	-	Ligamentum
A.	-	Arteria
BMI	-	Body-Mass-Index
NSAR	-	nichtsteroidale Antirheumatika
bzw.	-	beziehungsweise
SYSADOA	-	Symtomatic Slow Acting Drugs for OsteoArthritis
EULAR	-	European League Against Rheumatism
m ²	-	Quadratmeter
kg	-	Kilogramm
etc.	-	et cetera
eV	-	Elektronenvolt
A	-	Ampère
SD	-	Standard Deviation
ICC	-	Intraclass Correlation Coefficient
MR	-	Magnetresonanz
AWMF	-	Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften
MeV	-	Megaelektronenvolt

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1. Röntgenaufnahmen eines Kniegelenkes von vorne und von der Seite. a: Condylus lateralis femoris, b: Condylus medialis femoris, c: Condylus lateralis tibiae, d: Condylus medialis tibiae, e: Eminentia intercondylaris, f: Fibula, g: Patella. Quelle: Univ. Klinik für Orthopädie und orthopädische Chirurgie Graz.....	2
Abbildung 2. Kniegelenk von vorne. Quelle: Prometheus (1).....	4
Abbildung 3. Inzidenz der Gonarthrose mit steigendem Alter. Eigene Darstellung nach Felson (5).....	7
Abbildung 4. Circulus vitiosus der Arthroseentstehung und –progredienz.	10
Abbildung 5. Unikompartimentelle Endoprothese. Quelle: Praxis der Orthopädie und Unfallchirurgie (4).....	23
Abbildung 6. Bikompartimentelle Endoprothese = Knie totalendoprothese (KTEP). Quelle: Univ. Klinik für Orthopädie und orthopädische Chirurgie Graz.....	24
Abbildung 7. rechte Patella im tangentialen Strahlengang. Quelle: Univ. Klinik für Orthopädie	30
Abbildung 8. Grad 1 nach Kellgren und Lawrence (1957): Geringe Sklerose des subchondralen Knochens, beginnende Osteophytenbildung. Quelle: Univ. Klinik für Orthopädie und orthopädische Chirurgie Graz.....	32
Abbildung 9. Grad 2 nach Kellgren und Lawrence (1957): Mäßige Verengung des Gelenksspalt und mittelmäßige subchondrale Sklerose. Quelle: Univ. Klinik für Orthopädie und orthopädische Chirurgie Graz.....	33
Abbildung 10. Grad 3 nach Kellgren und Lawrence (1957): Der Gelenkspalt ist auf mehr als die Hälfte reduziert. Die Femurkondylen sind abgerundet. Die subchondrale Sklerose ist bereits erheblich. Es zeigt sich eine massive Osteophytenbildung. Quelle: Univ. Klinik für Orthopädie und orthopädische Chirurgie Graz	34
Abbildung 11. Grad 4 nach Kellgren und Lawrence (1957): Gelenkszerstörung. Der Gelenkspalt ist ausgelöscht. Im Tibiakopf sind subchondrale Zysten sichtbar. Das Gelenk ist subluxiert. Quelle: Univ. Klinik für Orthopädie und orthopädische Chirurgie Graz. ...	35
Abbildung 12. Q-Winkel. Quelle: Prometheus (1).....	38
Abbildung 13. Geschlechtsverteilung der untersuchten Kniegelenke.....	40
Abbildung 14. links: Schematische Darstellung der vermessenen Winkel nach (49); rechts: Ganzbeinaufnahme im Stehen. a: mechanische Femurachse, b: mechanische Tibiaachse, c:	

anatomische Femurachse, d: Tangente an die Femurkondylen, d': Tangente am Tibiaplateau. Quelle:(49)/ Univ. Klinik für Orthopädie und orthopädische Chirurgie Graz
..... 43

Abbildung 15. Altersverteilung..... 45

Abbildung 16. BMI in kg/m² in Bezug auf das Geschlecht 46

Abbildung 17. Arthrosegrade nach Kellgren und Lawrence im medialen Kompartiment. 48

Abbildung 18. Arthrosegrade nach Kellgren und Lawrence im lateralen Kompartiment. 49

Abbildung 19. Arthrosegrade nach Kellgren und Lawrence retropatellar. 50

Abbildung 20. Verteilung der Fehlstellungen beim männlichen Geschlecht (n = 112)..... 54

Abbildung 21. Verteilung der Fehlstellungen beim weiblichen Geschlecht (n = 176)..... 54

Abbildung 22. Korrelation von Fehlstellung und medialer Arthrose. Eine Varusfehlstellung korrelierte signifikant mit einer stärker ausgeprägten medialen Arthrose.
..... 57

Abbildung 23. Korrelation von Fehlstellungen und lateraler Arthrose. Die lateralen Arthrosegrade sind in der Valgusgruppe signifikant höher..... 58

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1. Arthrosegrade nach Kellgren und Lawrence (1957). Quelle: Darstellung angelehnt an Kellgren und Lawrence (1957). (27).....	31
Tabelle 2. Mittelwerte der Arthrosegrade in allen drei Kompartimenten nach Kellgren und Lawrence (1957) zum Lesezeitpunkt 1. Die Standardabweichung wird in eckigen Klammern angegeben.	47
Tabelle 3. Arthrosegrade nach Kellgren und Lawrence zum Lesezeitpunkt 2. Die Standardabweichung wird in eckigen Klammern angegeben.....	51
Tabelle 4. Intraobserver-Variabilität anhand des Intraclass Correlation Coefficient (ICC). Die Standardabweichung wird in eckigen Klammern angegeben.	51
Tabelle 5. Auswirkung einer Varusfehlstellung auf die vermessenen Winkel. Die Mittelwerte der Winkel werden in Winkelgraden angegeben. Die Standardabweichung wird in eckigen Klammern angegeben. Die Winkel α , β , δ und δ' verändern sich signifikant bei Vorliegen einer Varusfehlstellung.	52
Tabelle 6. Auswirkung einer Valgusfehlstellung auf die vermessenen Winkel. Die Mittelwerte der Winkel werden in Winkelgraden angegeben. Die Standardabweichung wird in eckigen Klammern angegeben. Die Winkel α und δ verändern sich signifikant bei Vorliegen einer Valgusfehlstellung.	53
Tabelle 7. Geschlechterspezifische Ausprägung des Winkels α bei Varus bzw. Valgusfehlstellung. Die Mittelwerte der Winkel werden in Winkelgraden angegeben. Die Standardabweichung wird in eckigen Klammern angegeben.....	55
Tabelle 8. Vermessene Winkel in Abhängigkeit vom Geschlecht. Die Mittelwerte der Winkel werden in Winkelgraden angegeben. Die Standardabweichung wird in eckigen Klammern angegeben.	56

1 Einleitung

1.1 Anatomie des Kniegelenkes/der *Articulatio genus*

1.1.1 Knöcherne Strukturen und Gelenkscapsel

Beim **Kniegelenk** handelt es sich um das größte Gelenk im menschlichen Körper. Mechanisch gesehen ist es ein transportables Drehscharniergelenk. Es besteht aus drei Knochen (Femur, Tibia und Patella), welche durch zwei Gelenke miteinander verbunden sind: Femur und Tibia bilden zusammen das Femorotibialgelenk sowie Femur und Patella (siehe Abbildung 1, g) das Femoropatellargelenk. Eine gemeinsame Gelenkscapsel umhüllt beide Gelenke. Die Gelenkscflächen des Femorotibialgelenkes werden von den Kondylen des Femurs (siehe Abbildung 1, a bzw. b) und der Tibia (siehe Abbildung 1, c bzw. d) gebildet, die des Femoropatellargelenkes von der *Facies patellaris femoris* und *Facies articularis* der Patella. Die Gelenkscflächen beider Knochen sind mit hyalinem Knorpel überzogen. Zwischen den beiden Gelenkscflächen der Tibia befindet sich die *Eminentia intercondylaris* (siehe Abbildung 1, e).

Die Fibula (siehe Abbildung 1, f), ein weiterer Knochen des Unterschenkels, und die Tibia sind ebenfalls durch ein straffes Gelenk, die sogenannte „*Articulatio tibiofibularis*“, verbunden. (1–3)

1.1.2 *Menisci*

Im Kniegelenk befinden sich zwei *Menisci* (siehe Abbildung 2), (1) bei welchen es sich um faserknorpelige Strukturen handelt, welche die Kontaktfläche zwischen Femur und Tibia vergrößern. Der äußere *Meniscus* oder „*Meniscus lateralis*“ ist kreisförmig, wogegen der innere oder „*mediale*“ *Meniscus* sichelförmig konfiguriert ist. Die faserknorpeligen *Menisci* besitzen lediglich peripher eine Gefäßversorgung über Äste der *A. media genus*, wogegen der zentrale Teil von der *Synovialflüssigkeit* über Diffusion ernährt wird. Beide *Menisci* bestehen jeweils aus einem Vorderhorn, einem Mittelteil und einem Hinterhorn.

Die im Frontalschnitt keilförmigen *Menisci* sind jeweils an der Außenseite mit der Gelenkscapsel verwachsen. Der *mediale Meniscus* ist mit dem *lateralen Meniscus* durch das *Lig. transversum genus* verbunden. (3)

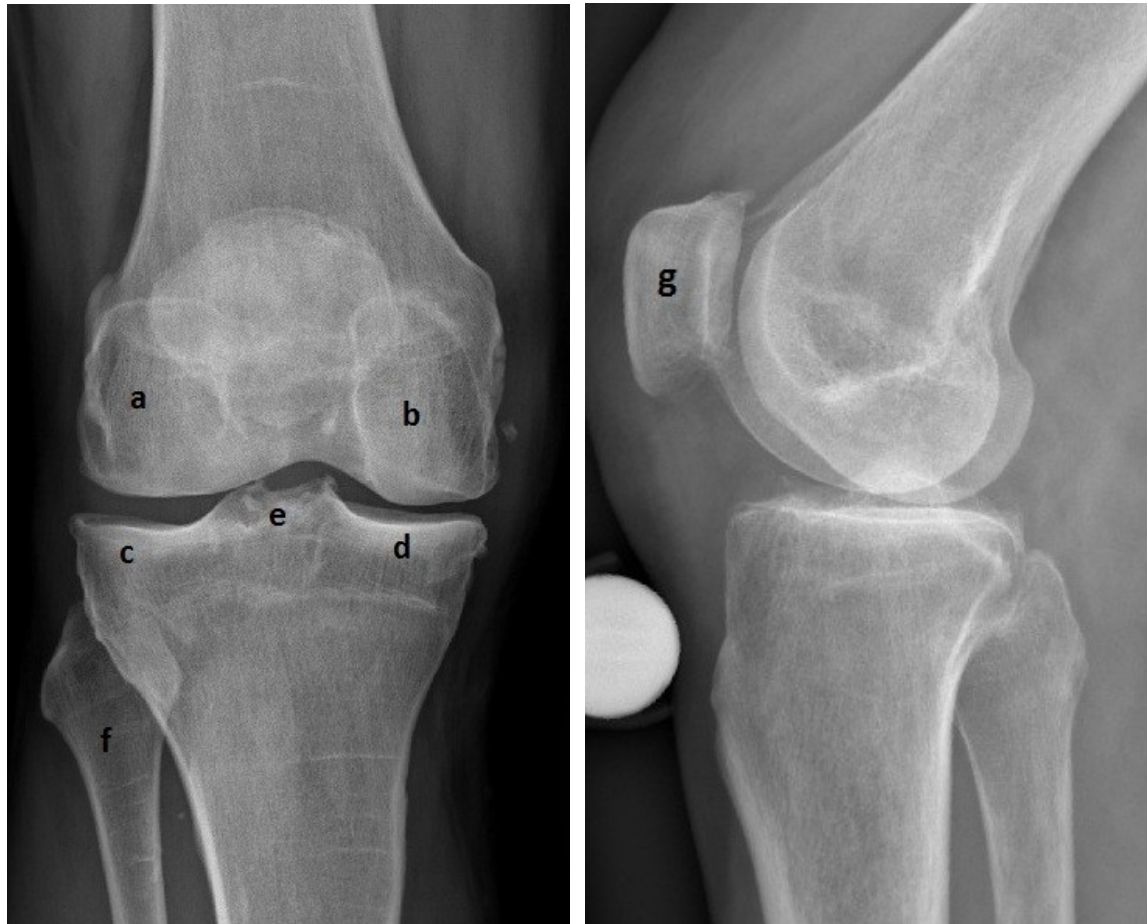


Abbildung 1. Röntgenaufnahmen eines Kniegelenkes von vorne und von der Seite. a: Condylus lateralis femoris, b: Condylus medialis femoris, c: Condylus lateralis tibiae, d: Condylus medialis tibiae, e: Eminentia intercondylaris, f: Fibula, g: Patella. Quelle: Univ. Klinik für Orthopädie und orthopädische Chirurgie Graz

1.1.3 Bänder

Die Stabilität des Kniegelenkes wird zum Großteil durch den Bandapparat gewährleistet.

Zu den **Außenbändern** des Kniegelenkes zählen:

- Das **Lig. patellae**, welches seinen Ursprung aus der Sehne des M. quadriceps femoris nimmt und an der Tuberositas tibiae ansetzt.
- Die **Retinacula patellae mediale** und **laterale** verstärken die Gelenkkapsel. Sie setzen sich aus Fasern des M. quadriceps femoris zusammen und werden daher auch als Reservestreckapparat bezeichnet.
- Das **Lig. collaterale tibiale** oder Innenband hat seinen Ursprung am Epicondylus medialis femoris und setzt hinter dem Pes anserinus am Margo medialis tibiae an. Es ist mit der Gelenkkapsel und dem medialen Meniscus verwachsen. Das mediale

Seitenband hat die Form eines Dreiecks und besteht aus einem vorderen und zwei hinteren Faserbündeln. (siehe Abbildung 2)

- **Lig. collaterale fibulare** oder Außenband entspringt am Epicondylus laterale und läuft zum Caput fibulae. (siehe Abbildung 2)
- **Lig. popliteum obliquum** und das Ligamentum **popliteum arcuatum** dienen der Verstärkung der hinteren Kapselanteile. Das Lig. popliteum obliquum ist die laterale Fortsetzung des M. semimembranosus. Das Lig. popliteum arcuatum zieht vom Apex des Fibulakopfes in die Gelenkkapsel. (1–3)

Zu den **Binnenbändern** des Kniegelenkes zählen:

- Das **Lig. cruciatum anterius**, das sich aus drei Teilen zusammensetzt: aus den posterolateralen, den anteromedialen und intermediären Fasern. Es entspringt an der Area intercondylaris anterior tibiae und setzt an der Innenfläche des Condylus lateralis femoris an. Das vordere Kreuzband ist schwächer als das hintere Kreuzband und reißt bei Gewalteinwirkung daher leichter. (siehe Abbildung 2)
- Das **Lig. cruciatum posterius** besteht aus je einem anterolateralen und einem posteromedialen Faserbündel und zieht von der Area intercondylaris posterior zur Innenfläche des Condylus medialis femoris. (siehe Abbildung 2)
- Das **Lig. transversum genus**, verbindet – wie bereits angeführt – die beiden Menisci.
- Die **Ligg. meniscofemorale anterius und posterius** verbinden das laterale Hinterhorn des Meniscus und den medialen Femurkondylus. (1–3)

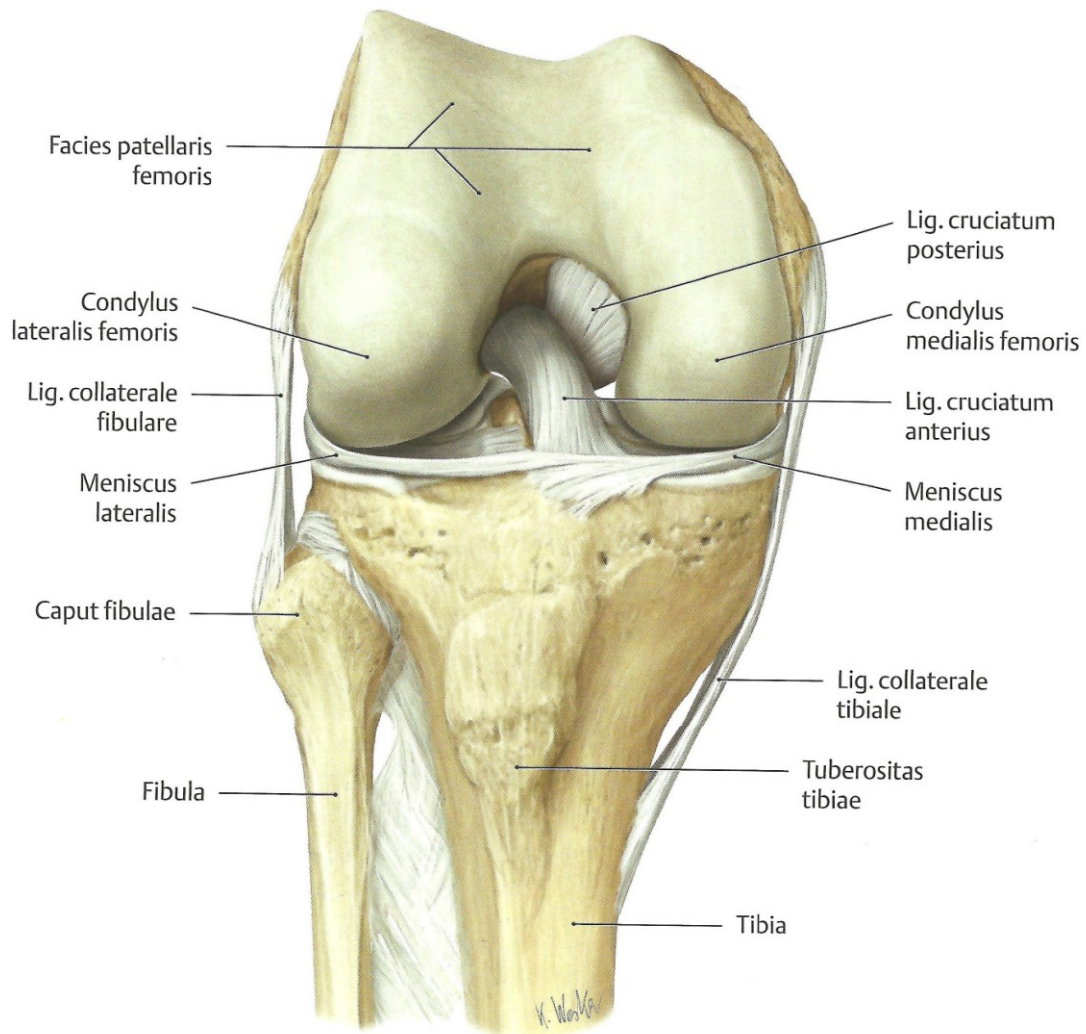


Abbildung 2. Kniegelenk von vorne. Quelle: Prometheus (1)

1.2 Mechanik des Kniegelenkes

Die Neutralposition des Kniegelenkes beim aufrecht stehenden Menschen entspricht einer vollständigen Streckung, aus welcher heraus passiv – speziell bei jüngeren Menschen – noch eine 5 -10°ige Überstreckung möglich sein kann.

Die **Beugung** des Kniegelenkes ist, abhängig von der individuellen weichteilbedingten Hemmung, aktiv um die 120°, passiv sogar bis 160° möglich.

Am Ende einer Streckung kommt es zu einer Außenrotation der Tibia, der sogenannten Schlussrotation. Dabei dreht sich durch die Spannung des vorderen Kreuzbandes bedingt der Condylus medialis um die Eminentia intercondylaris. Diese Schlussrotation bewirkt eine Rotationssicherung im aufrechten Stand und den amuskulären Stand ohne

Kraftaufwand und ist für die Stabilität des Kniegelenkes beim Stehen und Gehen von entscheidender Bedeutung.

Bei der Beugung führt das Femur eine Abrollbewegung durch und anschließend wird eine Gleitbewegung auf den Menisci durchgeführt (englisch: Rollback).

Die Innen- und die Außenrotation sind nur in Beugung möglich, da die Seitenbänder bei gestrecktem Kniegelenk gespannt sind und keine Rotation zulassen wie oben beschrieben.

Die **Außenrotation** beträgt etwa 40°. Demgegenüber ist die **Innenrotation** nur bis zu circa 10° möglich, da sich die Kreuzbänder bei dieser Bewegung torquieren und das weitere Bewegungsausmaß dadurch hemmen. (2)(3)

1.3 Arthrose

1.3.1 Definition

Bei der **Arthrose** bestehen degenerative Veränderungen der Gelenksflächen und der beteiligten Knochen. Im Mittelpunkt steht die Zerstörung des hyalinen Knorpels. Im fortgeschrittenen Stadium werden jedoch alle Strukturen des Gelenkes wie Knochen, Bänder und Kapsel beeinträchtigt.

Generell kann die Arthrose in Abhängigkeit von potenziell ursächlichen Faktoren wie folgt in zwei Formen unterteilt werden:

- **Idiopathische Arthrose** oder **Primäre Arthrose**: Eine idiopathische Arthrose liegt vor, wenn keine erkennbaren Risikofaktoren oder Ursachen für die arthrotische Erkrankung detektierbar sind. Je nach Anzahl der betroffenen Gelenke kann die idiopathische Arthrose wiederum in eine lokalisierte (maximal zwei Gelenke betroffen) und eine generalisierte Form (drei oder mehrerer Gelenke betroffen) unterteilt werden. (4)
- **Sekundäre Arthrose**: Von einer sekundären Arthroseform spricht man hingegen, wenn sich eine systemische Vorerkrankung, eine Formstörung oder eine vorhergegangene Verletzung im Gelenksbereich finden lässt. Die sekundäre Arthrose wird basierend auf den zugrundeliegenden Ursachen weiter unterteilt. Demnach können sekundäre Arthrosen im Zuge kongenitaler Gelenkserkrankungen, wie beispielsweise Hüft dysplasien oder Osteochondronekrosen auftreten, bzw. posttraumatischer Genese sein.

Achsfehlstellungsbedingte Fehlbelastungen unterschiedlicher Genese sind weitere Ursachen wie auch endokrine Erkrankungen und metabolische Störungen. (4)(5)(6)

Beide eben dargelegten Formen der Arthrose münden jedoch in ein identisches klinisches Erscheinungsbild, welches von der Schädigung des hyalinen Gelenksknorpels sowie der umliegenden Strukturen geprägt ist. (4)

In dieser Arbeit werden idiopathische **Arthrosen des Kniegelenkes**/primäre Gonarthrosen analysiert.

1.3.2 Ätiologie einer Arthrose

Es wird im Hinblick auf die Ätiologie – wie bereits im Absatz Definition 1.3.1 dargelegt - zwischen einer primären und einer sekundären Arthrose differenziert. Als pathogenetischer Mechanismus wird das Zusammenwirken verschiedener Faktoren angeführt. (4)

Als Grundprinzip kann jedoch festgehalten werden, dass es zur Arthroseentstehung kommt, sofern die destruktiven Faktoren gegenüber den körpereigenen Reparaturmechanismen überwiegen. Gerade im Hinblick auf Entstehungsmechanismen der idiopathischen, ohne klar erkennbare Ursache auftretenden, Arthrose ist festzuhalten, dass Faktoren, welche zur Zerstörung der Gelenksoberfläche beitragen, wie auch chondroprotektive Faktoren zur Zeit nur teilweise bekannt sind. (4)(7) Viele Forschungsansätze zielen daher darauf ab, weitere ursächliche Mechanismen zu identifizieren. (7)(8)(9) Eine ausführliche Darlegung der Pathogenese erfolgt im Kapitel Pathogenese 1.3.3.

Bekannte **Risikofaktoren** für die Entstehung der **idiopathischen Arthrose** sind:

- Das Alter ist einer der wichtigsten Risikofaktoren für die Entstehung einer Arthrose aller Gelenke (siehe Abbildung 3). (10) Ergebnisse aus der Framingham Studie zeigen, dass die Prävalenz arthrotischer Erkrankungen im höheren Alter steigt. (5)(11)
- Die genetische Disposition stellt ebenfalls einen Risikofaktor für die Arthroseentwicklung dar. Ergebnisse aus verschiedenen Studien belegen, dass die Arthrose eine erbliche Komponente aufweist. Beispielsweise zeigte eine klinische Zwillingsstudie von Spector et al. (1996) zum ersten Mal einen genetischen Effekt bei der Arthrose des Kniegelenkes und des Handgelenkes bei Frauen. Nach dieser

Studie beträgt der genetische Einfluss von 39 bis 65%, unabhängig von Umwelteinflüssen. (10)(12)

- Das Geschlecht besitzt ebenfalls Einfluss auf die Arthroseentstehung und –entwicklung. Nach einer Metaanalyse von Srikanth et al. (2005) haben Frauen im Vergleich zu Männern betreffend dem Kniegelenk ein höheres Arthroserisiko. Vor allem Frauen über 55 Jahren haben höhere Arthrosegrade als Männer gleichen Alters, wobei die größten Unterschiede für das Knie- und das Handgelenk bestehen. (9) Am uneinheitlichsten ist die Datenlage bei der Coxarthrose. (5)
- Ethnie stellt ebenfalls einen Einflussfaktor für eine Arthrose dar. So haben chinesische Frauen nach einer Studie von Zhang et al. (2001), im Vergleich zu Frauen in der US-amerikanischen Framingham Studie, eine höhere Prävalenz, sowohl die radiologisch nachweisbare Gonarthrose als auch die symptomatische Gonarthrose betreffend. (10) Afroamerikanische Männer haben laut dem Johnston County Osteoarthritis Project ein 35% höheres Risiko eine Coxarthrose zu entwickeln als kaukasische Männer. (13)
- Übergewicht verstärkt das Arthroserisiko und beschleunigt das Fortschreiten der Gelenkszerstörung, vor allem bei Frauen. (11)

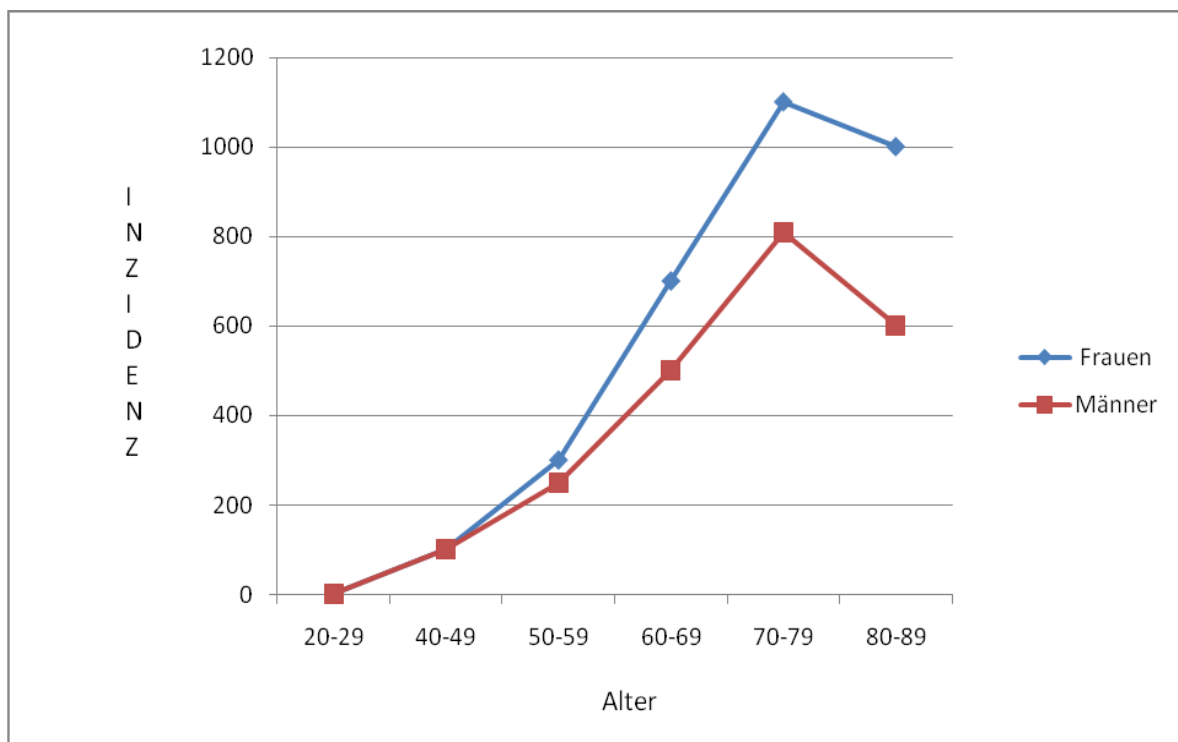


Abbildung 3. Inzidenz der Gonarthrose mit steigendem Alter. Eigene Darstellung nach Felson (5) Die Inzidenzzahlen beziehen sich auf 100000 EinwohnerInnen pro Jahr.

Zu den bekannten **Risikofaktoren** für die Entstehung einer **sekundären Arthrose** zählen:

- Verletzungen des Kniegelenkes: Frakturen, Bänderrisse, Meniskusverletzungen oder chronische Irritationen. Sie erhöhen das Risiko für eine Arthrose. (4) Auch eine starke mechanische Beanspruchung im Rahmen körperlicher Arbeit mit vermehrter Belastung und Bewegung des Gelenkes ist für viele arthrotische Veränderungen, speziell für jene der oberen Extremität oder des Kniegelenkes, ein bekannter und anerkannter Risikofaktor. (11)
- Gelenksfehlstellungen: Hier werden häufig als Beispiel die nicht erkannten bzw. nicht therapierten kongenitalen Hüftdysplasien angeführt, die Dank des sonografischen Screenings nach Graf und bei Bedarf einer entsprechenden Therapie in Österreich deutlich zurückgegangen sind. (14) Das Kniegelenk betreffend ist einer prospektiven longitudinalen Kohortenstudie von Sharma et al. (2001) zufolge das Risiko einer medial betonten Kniegelenksarthrose bei einer Varusfehlstellung 4-fach erhöht, das einer lateral betonten Gonarthrose bei Vorliegen einer Valgusfehlstellung sogar 5-fach. (15)
- Metabolische Erkrankungen wie Diabetes mellitus und erhöhte Cholesterinwerte oder Hyperurikämie sind Risikofaktoren für die Entstehung einer sekundären Arthrose. (4)
- Ein erhöhter BMI und ein erhöhter Hüftumfang sind weitere Faktoren, welche die Entstehung einer Arthrose begünstigen. Eine Querschnittstudie aus dem Jahre 2006 zeigte, dass unabhängig vom Geschlecht die Wahrscheinlichkeit für die Entstehung einer Gonarthrose mit steigendem BMI und mit steigendem Hüftumfang zunahm. (16)

1.3.3 Pathogenese

Die Gelenksflächen des Kniegelenkes werden von **hyalinem Knorpel** gebildet. Die Ernährung des Gelenksknorpels erfolgt in erster Linie über Diffusion aus der Synovia. (17) Der hyaline Knorpel besteht zu 65 - 80% aus Wasser. Der zelluläre Anteil wird von den Chondrozyten gebildet und macht lediglich 2 - 6% der Knorpelsubstanz aus. Die Chondrozyten und -blasten synthetisieren jedoch kollagene Fasern, welche insbesondere aus Kollagen vom Typ II bestehen und zusammen mit Proteoglykan-Aggregaten die Extrazellulärmatrix bilden. Eine wichtige Eigenschaft dieser hydrophilen Proteoglykane

besteht in ihrer enormen Bindungsfähigkeit von Wasser, welches wie bereits einführend dargelegt einen wesentlichen Teil der Extrazellulärsubstanz ausmacht. (4)(18)

Die kollagenen Fasern bilden mit den Proteoglykanen ein mit Wasser gefülltes Netzwerk, welches die starke Druckbelastung, welche auf das Gelenk einwirkt, wie eine Sprungfeder abfängt. Im Zuge des Alterungsprozesses verändert sich zum einen die Zusammensetzung der Proteoglykane, zum anderen befinden sich die Kollagenfibrillen nicht mehr in ihrem ursprünglichen Ordnungszustand. Es kommt zu einer verminderten Elastizität des Knorpels. Die Knorpeloberfläche reißt ein und der Wassergehalt nimmt zu. Dadurch steigt die Belastung auf den verbleibenden Knorpel bzw. den darunterliegenden Knochen. Es werden sekundäre Umbauvorgänge eingeleitet und ein Circulus vitiosus wird in Gang gesetzt. Aber auch durch andauernde mechanische Belastungen geht Knorpelgewebe zugrunde, was in der Folge ähnliche Konsequenzen nach sich zieht. Um diesem Abbau entgegenzuwirken, muss sich der Knorpel mit Hilfe von Wachstumsfaktoren, Zytokinen und Enzymen erneuern bzw. umbauen können. (17)(18)

Folgende Faktoren und Substanzen spielen dabei eine Rolle:

- Destruktive bzw. katabole Faktoren sind unter anderem: Interleukin-1 (IL-1) und Tumor Nekrose Faktor-Alpha (TNF- α). Sie stimulieren die Produktion von Enzymen (Matrixmetalloproteinasen), welche den Knorpel schädigen bzw. abbauen. Zu den Matrixmetalloproteinasen zählen Kollagenasen, Gelatinasen und Stromelysine. Diese Enzyme vermindern die Produktion von Kollagenen und Proteoglykanen und sind daher an der Knorpeldestruktion beteiligt. (4)(18)
- Zu den protektiven bzw. anabolen Substanzen werden unter anderem Wachstumsfaktoren gezählt (Insulin-Like-Growth Faktor I und II), welche mit zunehmendem Alter in geringerem Ausmaß sezerniert werden. Sie regen den Zellstoffwechsel an und verhindern Entzündungsreaktionen. Eine weitere wichtige Gruppe stellen die Enzyminhibitoren dar. Diese „tissue inhibitors of metalloproteinases/TIMPs“ inhibieren den Knorpelabbau. (4)(18)

Überwiegen die destruktiven Mechanismen, kommt es zur Knorpelschädigung und über den resultierenden Circulus vitiosus zur Arthroseentstehung. (siehe Abbildung 4)

An der Oberfläche des Knorpels wird Kollagen II abgebaut. Zuerst nur oberflächlich, dann aber auch in tieferen Schichten. Dadurch kommt es zu einer Umstrukturierung des Knorpels mit vermehrter Bildung von Prokollagen Iia sowie Kollagen I, III, IV und

Proteoglykanen, welche mit einer vermehrten Auflockerung und reduzierten mechanischen Festigkeit des Knorpels assoziiert ist. Das Knorpelgewebe verliert aufgrund der atypischen Kollagene an Festigkeit und Integrität. Daraus resultiert dann eine Störung des Gleichgewichtes im Knorpel.

Es bilden sich, vor allem in tieferen Knorpelschichten, sogenannte „cluster“. Diese sind Ansammlungen von phänotypisch veränderten Chondrozyten, welche als charakteristisches Produkt, das im gesunden Knorpel untypische Kollagen X produzieren.

Die progrediente Schädigung der Zellen und der Knorpelmatrix wird schließlich makroskopisch sichtbar und führt zu dem charakteristischen radiologischen Bild:

Es kommt zu einer Verschmälerung des Gelenkspaltes, zur Verdichtung der subchondralen Spongiosa bzw. zur Osteophytenbildung, und zur Bildung von Geröllzysten. (4)(18)

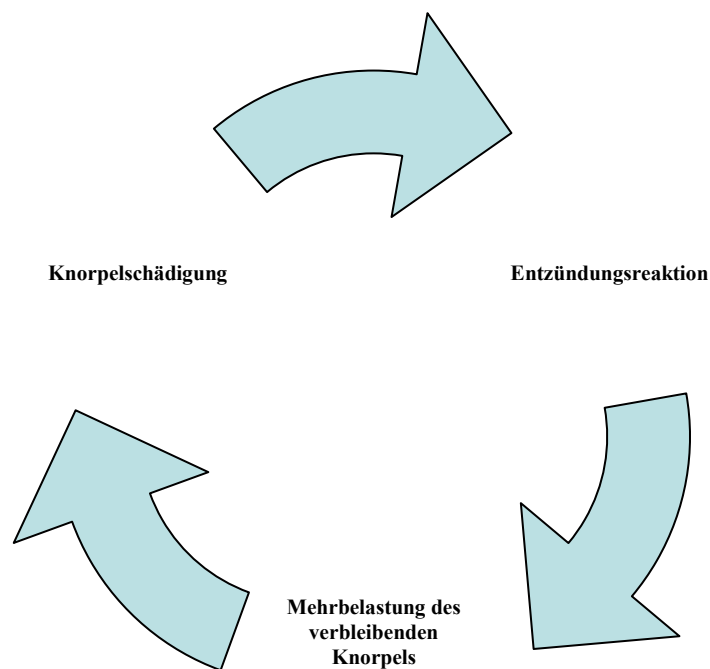


Abbildung 4. Circulus vitiosus der Arthroseentstehung und -progredienz.

1.3.4 Epidemiologie der Gonarthrose

Arthrosen werden Erkrankungen des Stütz- und Bewegungsapparates zugeordnet. Diese werden aufgrund ihrer Häufigkeit in Industrienationen bereits als „Volkskrankheiten“ bezeichnet. In Österreich wird beispielsweise die Häufigkeit einer symptomatischen

Gonarthrose [Grad 3 und 4 nach Kellgren und Lawrence (1957)] in den Bundesländern Vorarlberg, Niederösterreich und Burgenland mit 2,11% der Gesamtbevölkerung angegeben. (19) Auswirkungen von muskuloskelettalen Erkrankungen können unspezifische Rückenschmerzen, allgemeine chronische Schmerzen, degenerative Gelenkserkrankungen und eine klinisch manifeste Osteoporose sein. Sie sind die häufigsten Ursachen für die Inanspruchnahme orthopädischer Einrichtungen. (20) Weltweit sind Erkrankungen des muskuloskelettalen Systems die häufigsten Ursachen für Invalidität. In den USA schätzt man die Zahl der Personen, welche von Arthrosen betroffen sind, auf 40 Millionen. Bis zum Jahr 2020 wird sogar eine Steigerung auf 60 Millionen vermutet. Die hohen damit verbundenen Kosten betragen in den USA jährlich um die 65 Milliarden Dollar. (21)

In den westlichen Industriestaaten wird aufgrund der Entwicklung der Bevölkerungen ein weiterer Anstieg von chronisch degenerativen Gelenkserkrankungen prognostiziert. Da arthrotische Erkrankungen zu einer Einschränkung der Lebensqualität und zu Invalidität führen können, haben sie eine enorme individuelle, gesellschaftliche und ökonomische Bedeutung. (20)

Für die USA beträgt beispielsweise die Prävalenz der symptomatischen Kniegelenksarthrose bei Erwachsenen über 30 Jahren 6%. (21)

Für Europa werden laut Petersson (1996) ähnliche Werte angenommen. (22) Inzidenz und Prävalenz steigen mit zunehmendem Alter an, was bedeutet, dass zwischen dem 30. und 65. Lebensjahr eine 2- bis 10- fache Zunahme angegeben wird. (11)

Die Arthrose ist die häufigste Gelenkserkrankung in den westlichen Industriestaaten. Die häufigsten betroffenen Gelenke sind das Hüft- und das **Kniegelenk**, da diese Gelenke der höchsten mechanischen Belastung ausgesetzt sind. Aus diesem Grund sind auch die in die Greiffunktion involvierten Gelenke der Hand mit einem hohen Arthroserisiko behaftet. (4)(9)(11)

Es klagten bis zu 25% der Menschen über 55 Jahre über persistierende Schmerzperioden im Kniegelenk. Laut einer Studie aus den Niederlanden und Großbritannien wird jedoch nur jede/r sechste dieser symptomatischen PatientInnen bei einem Arzt/einer Ärztin für Allgemeinmedizin vorstellig. (23) Gleichzeitig ist die Arthrose die häufigste Ursache für eine Behinderung bei älteren Menschen, was bedeutet, dass hier Handlungsbedarf bestünde. (23)

Nicht alle PatientInnen mit radiologischen Zeichen einer Arthrose haben Symptome, die auf eine Arthrose hindeuten wie Schmerzen, Funktionsstörungen oder Steifigkeit im betroffenen Gelenk. Nicht jede Frau/jeder Mann mit durch eine Arthrose verursachten Schmerzen im Gelenk hat dabei ein auffälliges Röntgenbild mit Zeichen einer Arthrose. Diese oft fehlende Korrelation zwischen radiologischen Arthrosezeichen und klinischer Symptomatik ist charakteristisch für arthrotische Veränderungen. Das ist auch der Grund warum die Daten so unterschiedlich sind. Die pathologischen Veränderungen im Röntgen werden in Kapitel 1.6 „Arthrosegrade nach Kellgren und Lawrence (1957)“ erläutert.

In der Framingham Studie hatten 19,2% der über 45-jährigen Frauen und Männer radiologische Zeichen einer Arthrose des Kniegelenkes. (11) Im dritten National Health and Nutrition Examination Survey/NHANES III (2001) hatten 37% der TeilnehmerInnen über 60 Jahren im Röntgen sichtbare Arthrosezeichen im Kniegelenk. (10) In Deutschland haben 10- 20% der über 60-jährigen röntgenologische Zeichen einer Gonarthrose. Nur die Hälfte hat jedoch klinische Beschwerden. (4) Laut Petersson (1996) beträgt die Prävalenz der radiologisch sichtbaren Gonarthrose (mit oder ohne Symptome) für Europa zwischen 14% und 30% für Frauen und Männer über 45 Jahren. (22) In einer niederländischen Studie wird die Prävalenz für PatientInnen zwischen 45 und 49 Jahren mit 7,7% bis 14,3% angegeben. (22)(24)

Die **symptomatische Arthrose** ist definiert durch das Vorhandensein von Schmerzen, Funktionsstörungen oder Steifigkeit im Gelenk. (10)

In den USA leiden 10% der Männer und 13% der Frauen über 60 Jahren an einer symptomatischen Arthrose des Kniegelenkes. Ein Anstieg ist zu beobachten und wird auf die immer älter werdende Bevölkerung und die hohe Prävalenz einer Adipositas in den Industrienationen zurückgeführt. (10) Laut einer Studie aus dem US-amerikanischen Bundesstaat North Carolina beträgt das Lebenszeitrisko an Arthrose zu erkranken, für Frauen 46,8% und für Männer 39,8%. (25)

So steigt bei einem BMI über 30 das Risiko eine Gonarthrose zu entwickeln auf 60,5% an, beispielsweise gegenüber normalgewichtigen PatientInnen mit einer Knieverletzung in der Anamnese, welche ein Arthroserisiko von 56,8% aufweisen. (25)

1.3.5 Klinik der Gonarthrose

Das klinische Bild der Arthrose ist sehr variabel. Man unterscheidet die latente von der aktivierten Arthrose. Die **latente Arthrose** ist dadurch gekennzeichnet, dass oft über einen langen Zeitraum hinweg keine klinischen Beschwerden auftreten. Häufig kommt es im weiteren Krankheitsverlauf jedoch zu Schüben teils heftiger, vielfach mit Kniegelenksschwellung und Bewegungseinschränkungen einhergehender Schmerzen. Bei Vorliegen einer derartigen **aktivierten Arthrose** klagen die PatientInnen über stechende, primär belastungs- und bewegungsabhängige Schmerzen bzw. über einen charakteristischen Anlaufschmerz bei Wiederaufnahme der Bewegung nach längerem Ruhen. Auch die Beweglichkeit des Kniegelenks reduziert sich bzw. die Gehstrecke ist zunehmend eingeschränkt. Daraus resultierende **Funktionsstörungen** verstärken Probleme beim Ankleiden, bei der Körperpflege und bei anderen Aktivitäten des täglichen Lebens. (4)

Eine morgendliche Steifigkeit von weniger als 30 Minuten ist ein weiteres typisches Symptom einer Arthrose. Hält diese Morgensteifigkeit jedoch deutlich länger als 30 Minuten an, so muss an das Vorliegen einer rheumatischen Erkrankung gedacht werden. Im weiter fortgeschrittenen Verlauf treten auch nächtliche Schmerzen auf, welche aufgrund der zum Teil schmerzhaften nächtlichen Umwendlbewegungen die Nachtruhe und damit die Lebensqualität zusätzlich weiter beeinträchtigen. Darüber hinaus entwickeln sich Gelenksfehlstellungen und Achsabweichungen, welche durch daraus resultierende mechanische Fehlbelastung die (unikompartimentelle) Weiterentwicklung der arthrotischen Veränderungen begünstigen. So hat beispielsweise eine arthrotisch bedingte Varusfehlstellung des Kniegelenkes aufgrund der einseitigen Mehrbelastung eine medial betonte Gonarthrose zur Folge. (26)

1.3.6 Diagnostik einer Gonarthrose

Die **Diagnose** der Arthrose kann auf Grund von pathologischen, klinischen oder radiologischen Zeichen gestellt werden.

Lange Zeit war der **radiologische Nachweis** der Standard zur Diagnosestellung.

Die gängigste Methode dabei ist das Schema nach Kellgren und Lawrence (1957). (27) Dabei wird die Arthrose nach ihrer nativradiologischen Ausprägung ansteigend in die Grade 0 bis 4 eingeteilt. Die Diagnosestellung umfasst einerseits die **klinische Diagnostik**

mit ihren Bestandteilen Anamneseerhebung, Inspektion und Palpation. Weiterführende Bewegungsprüfung und die funktionelle Testung siehe Kapitel 1.3.6.3 „Klinische Testungen zur Diagnosestellung einer Gonarthrose“. Die **bildgebende Diagnostik** beinhaltet neben der nativradiologischen Untersuchung in zwei Ebenen weiterführend gegebenenfalls die Magnetresonanztomografie bzw. die Computertomographie. (4)

1.3.6.1 Anamnese

Am Beginn jeder Untersuchung steht die Anamneseerhebung mit der Patientin/dem Patienten. Mit einer gründlich durchgeführten Anamnese können mehr als 50% der Krankheitsbilder diagnostiziert werden. (28)

Für die Arthrosediagnostik fragt der Arzt oder die Ärztin die Patientin/den Patienten nach Vorerkrankungen, früheren Operationen und bereits stattgehabten medikamentösen Therapien. (4)(29)

Erkrankungen in der Familie könnten auf eine erbliche Erkrankungskomponente hinweisen und müssen daher auch angesprochen werden.

Die Anamneseerhebung dient im besten Fall nicht nur der Datenerhebung, sondern auch dem Aufbau einer guten Beziehung zwischen Arzt/Ärztin und Patient/Patientin. Denn gegenseitiges Vertrauen ist ein wichtiger Faktor für die Behandlungssicherheit. (30)

Zur Analyse der Beschwerden erfolgt daher eine systematische Erhebung der Anamnese beispielsweise mit folgenden an die Patientin/den Patienten gestellten Fragen:

- Wann sind die Beschwerden zum ersten Mal aufgetreten und was war die Ursache oder der Auslöser?
- Wie ist der Schmerzcharakter? Ist er ziehend oder brennend oder stechend oder bohrend oder dumpf?
- Wo wird der Schmerz wahrgenommen? Können Sie bitte mit dem Finger zeigen wo der Schmerz am stärksten ist?
- Wie stark sind die Schmerzen?
- Bei welcher Tätigkeit/welchen Tätigkeiten haben Sie die meisten Beschwerden? (28)

1.3.6.2 Inspektion und Palpation

Bei der **Inspektion** wird auf Achsenabweichungen der Beine, auf Atrophien oder Entzündungszeichen im Bereich der unteren Extremitäten, wie Rötungen oder Schwellungen, auch im Seitenvergleich, geachtet.

Der Arzt/die Ärztin lässt den Patienten/die Patientin aufrecht und gerade vor sich hinstellen. In der Frontalebene kann so beurteilt werden, ob ein Genu varum oder valgum vorliegt. In der Sagittalebene betrachtet, würde man ein Genu recurvatum oder Genu flexum erkennen. (29) Bei statischen Problemen könnte man z. B. auch einen Beckentiefstand oder eine Verkrümmung/Achsenabweichung der Wirbelsäule beobachten. (4)

Die **Palpation** ermöglicht, soweit das Gelenk von außen zugänglich ist, die Lokalisation der Pathologien festzulegen. Durch die Palpation im Seitenvergleich können Überwärmung oder Schwellung entdeckt werden. Eine Überprüfung der Durchblutung und Sensibilität sollte immer als Teil der Untersuchung durchgeführt werden. (4)(29)

1.3.6.3 Klinische Testungen zur Diagnosestellung einer Gonarthrose

Die anatomische Neutralstellung wird im Stehen mit herabhängenden Armen, geschlossenen Beinen und nach vorne zeigenden Handflächen beurteilt. Der Bewegungsumfang wird in den Endstellungen und in der Neutralstellung des Gelenkes in Winkelgraden angegeben. Die mittlere Winkelangabe ist die Neutralstellung und ist im Normalfall null. Der Bewegungsumfang des Kniegelenkes wird mit Hilfe der **Neutral-Null-Methode** angegeben. Gibt man die Beugung und Streckung des Kniegelenkes in der Neutral-Null-Methode an, bezieht sich die erste Zahl auf die Streckung (Extension), die zweite Zahl auf die Neutralstellung und die dritte Zahl auf die Beugung (Flexion). Bei einem normalen Kniegelenk wäre das Ergebnis bei einem Erwachsenen: 5–10°/0°/120–150°. (4)

Weitere klinische Tests erlauben bei korrekter Ausführung durch eine/n erfahrene/n UntersucherIn eine differenzierte Beurteilung einzelner Strukturen bzw. eventuelle Pathologien des Kniegelenkes. Alle nachfolgend angeführten Tests sollten seitenvergleichend durchgeführt werden:

- Ein nachweisbares **Ballotement** gibt Aufschluss über das Vorliegen eines **Kniegelenksergusses**: Bei diesem Test sollte der/die PatientIn mit ausgesteckten Beinen auf dem Rücken liegen. Der/die UntersucherIn streicht von proximal her den Recessus suprapatellaris aus und fixiert die Patella in dieser Stellung. Anschließend übt er/ sie mit der anderen Hand einen leichten Druck auf die Patella aus oder verschiebt diese nach medial und lateral. Diese Testung erfolgt vergleichend an beiden Kniegelenken. Ist ein (im Seitenvergleich vermehrter) federnder Widerstand spürbar, so muss vom Vorliegen eines Kniegelenksergusses ausgegangen werden.

Ein positives **Zohlen Zeichen** kann auf eine retropatelläre Knorpelläsion bzw. Arthrose hinweisen: Der/Die PatientIn wird aufgefordert bei gestrecktem Bein und fixierter Patella den Oberschenkel anzuspannen. Der Zug des M. quadriceps femoris presst die Patella gegen ihr Gleitlager am Femur und verursacht bei vorhandenen retropatellären Knorpelläsionen Schmerzen. Das Zohlen Zeichen ist jedoch häufig falsch positiv und muss daher in Zusammenschau mit weiteren klinischen Zeichen einer Retropatellararthrose, wie beispielsweise hörbaren Krepitationen, beurteilt werden. (29)

- Die **Seitenbänder** werden durch Ausübung eines **Varus-** bzw. **Valgusstress** getestet: Das Bein des/der am Rücken liegenden PatientIn wird von dem/der UntersucherIn fixiert und durch angedeutete Ad- bzw. Abduktionsbewegungen im straff abgeführten Kniegelenk ein Varus- bzw. Valgusstress erzeugt. Bei versuchter Abduktion (Valgusstress) führt eine Läsion des medialen Seitenbandes zu einer im Seitenvergleich vermehrten Aufklappbarkeit. Analog dazu lässt eine vermehrte Aufklappbarkeit bei Adduktionsbewegung (Varusstress) auf eine Läsion des lateralen Seitenbandes schließen. Die Angaben einer eventuell vorhandenen seitlichen Aufklappbarkeit erfolgt in Millimetern (5mm werden als 1+, 5 - 10mm als 2+ und über 10mm als 3+ bezeichnet). (29)

Das mediale Seitenband hat die Form eines Dreiecks und besteht aus einem vorderem und zwei hinteren Faserbündeln. (2) Die hinteren Kapselanteile bzw. Faserbündel verhindern, sofern sie intakt sind, in voller Streckung ein Aufklappen des Gelenkes. Aus diesem Grund wird dieser Test bei gestrecktem wie auch bei 20-30° gebeugtem Kniegelenk durchgeführt, da in Beugung die hinteren Kapselanteile

entspannt sind und das vordere Faserbündel des medialen Seitenbandes gesondert beurteilt werden kann. Testung und Beurteilung erfolgen hier seitenvergleichend, um Verletzungen von angeborenen Bandlaxizitäten differenzieren zu können. (29)

- Die **Kreuzbänder** können durch den Lachmann-Test oder den Schubladentest geprüft werden: Beim **Lachmann-Test** wird das Bein des Patienten/der Patientin in 15°-30° Beugung gebracht. Der/die UntersucherIn fixiert mit einer Hand den distalen Oberschenkel und mit der anderen Hand die proximale Tibia. Der Unterschenkel wird leicht nach außen rotiert und nach ventral schubladisiert. Das Bein der/des PatientIn muss dabei komplett entspannt sein. Ist eine anschlagslose Verschiebung der Tibia möglich, muss ein Kreuzbandschaden vermutet werden. Die Beurteilung erfolgt in Abhängigkeit vom Ausmaß des tibialen Vorschubes. Das heißt: bis zu 5mm entspricht 1+, 5- 10mm entspricht 2+ und über 10mm entsprechen 3+. Die Testung erfolgt auch hier im Seitenvergleich, um Verletzungen von angeborenen Bandlaxizitäten differenzieren zu können. Analog dazu kann durch Dorsalverschiebung der Tibia gegen das fixierte Femur das hintere Kreuzband getestet werden. (29)

Der **Schubladentest** beruht auf dem gleichen Prinzip, nur dass sich das Kniegelenk der Patientin/des Patienten hier in einer ca. 90° flektierten Position befindet. Der/die UntersucherIn fixiert den Unterschenkel bzw. Fuß der Patientin/des Patienten, umfasst die proximale Tibia mit beiden Händen und schubladisiert diese gegen das Femur nach ventral bzw. nach dorsal. Die Muskulatur muss wiederum entspannt sein. Die Beurteilung erfolgt auch hier seitenvergleichend. Bei frischen Bandverletzungen ist der Lachmann-Test jedoch vielfach aussagekräftiger. (29)

Die Testung der **Menisci** kann durch mehrere Tests erfolgen. Exemplarisch werden hier die **Steinmann-Testungen I und II** wie auch die **Testungen nach Payr** erläutert: Bei der Testung **nach Steinmann** fixiert der/die UntersucherIn das Bein der Patientin/des Patienten und rotiert den Unterschenkel forciert nach außen bzw. innen. Diese Rotationsbewegungen sollten in mehreren Beugungsgraden durchgeführt werden. Verletzungen des Innenmeniscus führen bei Außenrotation zu einem über dem medialen Gelenkspalt lokalisierten Schmerz, da hierbei der mediale Gelenkspalt maximal komprimiert wird. Analog dazu führen Läsionen des Außenmeniscus bevorzugt bei forcierter Innenrotation zu einem im Bereich des

lateralen Gelenksspaltes lokalisierten Schmerz (**Steinmann-I-Zeichen**). Zusätzlich kann bei Durchführung dieser forcierten Rotationsbewegungen der Gelenkspalt palpirt werden, wobei auf ein Wandern des Schmerzpunktes bei abwechselnden Beuge- und Streckbewegungen im Kniegelenk geachtet wird (**Steinmann II Testung**). (29)

- Bei der Testung **nach Payr** wird das zu untersuchende Bein der Patientin/des Patienten mit leicht abgewinkelttem Kniegelenk über das andere Bein gelegt und von der Seite des medialen Gelenksspaltes wird durch den/die UntersucherIn ein Druck Richtung Untersuchungsfläche ausgeübt. Durch eine dadurch hervorgerufene Kompression des medialen Gelenksspaltes treten bei Vorliegen einer Läsion des medialen Meniscus Schmerzen ebendort auf. (29)

1.3.7 Prinzipien des therapeutischen Vorgehens

Eine ursächliche Therapie der Arthrose ist derzeit noch nicht bekannt, da die Mechanismen, welche zur Entstehung, Progression oder Stillstand und Regression der Erkrankung führen, noch nicht zur Gänze erforscht sind. Der Abnutzungs- und Degenerationsprozess ist daher, sobald er einmal eingesetzt hat, nicht mehr vollständig reversibel, sodass die derzeit bekannten Therapieformen symptomatisch auf eine Verringerung der klinischen Beschwerden bzw. auf eine Unterbrechung des geschilderten Circulus vitiosus abzielen. Ziel ist es, die Progression der pathologischen Veränderungen aufzuhalten. Daher sind präventive Maßnahmen zur Ausschaltung oder Reduktion bekannter Risikofaktoren, wie beispielsweise Übergewicht und sekundäre Ursachen (Achsfehlstellungen, etc.) bedeutend. Auch sind diese wichtig für die Verminderung von durch die einsetzende Abnutzung verursachten entzündlichen Schüben, welche ein Fortschreiten arthrotischer Veränderungen begünstigen. (31)

1.3.7.1 Konservative Therapie

Die konservative **Therapie** einer Gonarthrose basiert auf dem Stufenschema der European League Against Rheumatism (EULAR). (32)

Dieses gibt als optimale Therapie der Arthrose des Kniegelenkes eine Kombination von pharmakologischen und nichtpharmakologischen Therapieformen an. Pharmakologische Maßnahmen zielen insbesondere darauf ab, den geschilderten Circulus vitiosus (Knorpelschädigung-Entzündungsreaktion-Verstärkung der Knorpelschädigung bei praktisch nicht vorhandener Regenerationsfähigkeit von hyalinem Knorpel) zu durchbrechen. Mittels antiinflammatorischer Substanzen soll die Entzündungsreaktion, welche zu einer weiter voranschreitenden Knorpelschädigung führt, eingedämmt werden. Derartige Substanzen können systemisch z.B. in Form von nichtsteroidalen Antirheumatika (NSAR) oder mittels intraartikulärer Injektion verabreicht werden (z.B. kortisonhaltige Präparate). Potenzielle systemische oder lokale Nebenwirkungen müssen bei den Entscheidungen für bestimmte Therapieformen berücksichtigt werden, z.B. allergische Reaktionen, gastrointestinale, renale und kardiale Beschwerden nach systemischer NSAR-Gabe, oder auch immunsuppressive Effekte von Kortison und, bei der intraartikulären Applikation, die erhöhte Gefahr einer Gelenksinfektion. Analgetische Therapeutika ermöglichen über die Schmerzreduktion oder -freiheit, dass PatientInnen spezifische Übungen und eine physikalische Therapie durchführen und zulassen können. Dies ermöglicht es, sekundären Bewegungseinschränkungen und Achsfehlstellungen vorzubeugen. (4)(32)

Die auch eingesetzten **Symtomatic Slow Acting Drugs in OsteoArthritis (SYSADOA)** haben als Hauptwirkung einen zum Teil analgetischen Effekt. In der Regel treten unter Therapie nur geringe Nebenwirkungen auf. Eine chondroprotektive Wirkung ist für diese Substanzen bisher jedoch noch nicht nachgewiesen. (4)

In Bezug auf die **pharmakologische Therapie** wird Paracetamol von der EULAR als Medikament der ersten Wahl empfohlen.(32) Paracetamol wirkt primär analgetisch und schwach antiinflammatorisch. Wenn hierdurch aufgrund der verhältnismäßig schwachen antiinflammatorischen Wirkung kein ausreichender Effekt erzielt werden kann, so ist bei Fehlen gastrointestinaler, renaler und kardialer Risikofaktoren die Verordnung von stark antiinflammatorischen wirkenden nichtsteroidalen Antirheumatika (NSAR), gegebenenfalls in Kombination mit einem Protonenpumpenblocker, anzuraten.

Opioid Analgetika sind hingegen nur beschränkt indiziert. Sie gelangen nur dann zur Anwendung, wenn NSAR oder topisch wirksame Kortikosteroide nicht effektiv wirken, nicht toleriert werden oder kontraindiziert sind (beispielsweise bei gastrointestinalen Risikofaktoren).

NSAR und Capsaicin werden häufig als topische Substanzen, in Form von Gels oder Cremes angewandt. Sie sind bei den PatientInnen beliebt und sind klinisch wirksam. Es zeigte sich in zwei randomisierten klinischen Studien, in welchen topisches Diclofenac mit Placebo verglichen wurde, ein signifikanter Unterschied gegenüber dem Placebo in Bezug auf die Schmerzlinderung. (32)(33)(34)

Topisches Capsaicin desensibilisiert reversibel nozizeptive C-Fasern. Es gibt gute Daten aus einer randomisierten klinischen Studie über die positive Wirksamkeit von topisch verabreichtem Capsaicin bei einer Gonarthrose. (32)(35)

Die intraartikuläre Injektion von Kortikosteroiden ist bei starken Schmerzen in Kombination mit Gelenkserguss indiziert. Der schmerzstillende und antiinflammatorische Effekt von Kortikosteroid Injektionen, für einen kurzen Zeitraum (1 - 4 Wochen), wurde in mehreren Studien belegt. (32)(34)(36) Allerdings müssen derartige Infiltrationen aufgrund der damit einhergehenden Infektionsgefahr nach Ausschluss möglicher Risikofaktoren unter streng sterilen Bedingungen durchgeführt werden. Zu den Kontraindikationen zählen bakterielle Entzündungen bzw. Infektionen des Gelenkes, Allergien und Gerinnungsstörungen.

Der Abstand zwischen den Injektionen sollte 14 Tage nicht unterschreiten. Außerdem sollte, wegen der katabolen Wirkung des Kortisons, die intraartikuläre Injektion mit Kortikosteroiden nicht öfter als 3- bis 4-mal jährlich zur Anwendung gelangen. (37)

Weitere Medikamente werden als SYSADOA zusammengefasst. (32) Zu diesen Medikamenten zählen beispielsweise: Hyaluronsäure, Chondroitinsulfat oder Glukosaminsulfat. (4) Diese Substanzen gelangen durch intraartikuläre Injektion zur Anwendung, wobei eine chondroprotektive Wirkung bisher noch nicht eindeutig nachgewiesen werden konnte. (4)(37)

Unabdingbar ist – wie in der Medizin generell – eine entsprechende Information und Aufklärung der Patientin/des Patienten über den progressiven Verlauf der Erkrankung, eigene Handlungsmöglichkeiten und symptomatische Therapieoptionen sowie das Fehlen kausaler Therapien. Besondere Berücksichtigung sollten in diesem Gespräch die Lebensstilmodifikation mit dem Fokus Gewichtsreduktion und die Bedeutung der physiologischen Beübung des Gelenkes, welches eine ausreichende Ernährung des Restknorpels gewährleisten soll, finden. Hingewiesen werden sollte in diesem Gespräch auch darauf, dass sowohl Überbelastungen als auch durchgehende Schonung und Ruhigstellung des Kniegelenkes zu vermeiden sind. (4)(32) Neben der Information und

Aufklärung können dem Patienten/der Patientin Hilfsmittel wie Geleinlagen für die Schuhe oder die Verwendung von Gehstöcken angeboten werden. Der Hinweis, dass gelenkschonende Bewegungsformen wie Schwimmen und Radfahren regelmäßig ausgeübt werden sollte, darf hierbei nicht fehlen.

Die konservative Therapie sollte unter Berücksichtigung der folgenden Punkte zusammengestellt werden:

- Kniegelenksspezifische Risikofaktoren
- Allgemeine Risikofaktoren
- Schmerzintensität
- Entzündungszeichen
- Ausmaß und Lokalisation des Knorpelschadens

1.3.7.2 Operative Therapie

Ein Kniegelenkersatz sollte bei PatientInnen mit radiologischem Arthrosenachweis, welche unter refraktären Schmerzen und schweren Beeinträchtigungen leiden, nach Ausschöpfung sämtlicher konservativer therapeutischer Optionen in Erwägung gezogen werden. Da es sich hierbei um einen elektiven Eingriff handelt, ist die Indikation in Abhängigkeit von bisherigen Therapiemaßnahmen, Beeinträchtigung durch die Erkrankung, Limitation durch weitere Risikofaktoren bzw. postoperative zu erwartende Funktions-und-Quality-of-Life-Verbesserungen, sorgfältig zu stellen und an die individuelle Situation des Patienten/der Patientin anzupassen. (32) Darüber hinaus muss eine ausführliche Aufklärung über den geplanten Eingriff sowie mögliche Komplikationen und Risiken, aber auch über den zu erwartenden Spontanverlauf der Erkrankung und mögliche therapeutische Alternativen erfolgen.

Bei den operativen Interventionen unterscheidet man grundsätzlich zwischen gelenkerhaltenden und gelenkersetzenden aber auch gelenksversteifende Eingriffen.

(4)(26)

Zu den **gelenkerhaltende Operationen** zählen die arthroskopische Lavage, das arthroskopische Gelenkdebridement und die Korrekturosteotomie. Die arthroskopische Lavage soll durch Spülung abgestorbene Zellen aus dem Gelenk entfernen.

Beim **Gelenksdebridement** werden Osteophyten oder Synovialis entfernt, knorpelfreie Knochenareale angebohrt und bei gegebener Indikation Teile der bereits geschädigten Menisci reseziert. (4) Bei 50 - 70% der PatientInnen kann durch ein solches arthroskopisches Debridement bis zu 5 Jahre lang eine Beschwerdeminderung erzielt werden, wenngleich diesbezüglich kontroversielle ExpertInnenmeinungen existieren. (26) In einer Placebo kontrollierten Studie von Moseley et al. (2002) zeigte sich kein signifikanter Unterschied, in Bezug auf Schmerzen und Beweglichkeit nach einem Jahr, zwischen der Placebogruppe und jenen Gruppen, welche sich einem Gelenksdebridement bzw. einer arthroskopischen Lavage unterzogen hatten. (38)

Sofern eine frontale Achsenfehlstellung eine asymmetrische Gonarthrose nach sich zieht, kann eine **Korrekturosteotomie** angestrebt werden. Für die Durchführbarkeit einer derartigen Korrekturosteotomie müssen bestimmte Voraussetzungen erfüllt sein wie beispielsweise ein Streckdefizit $\leq 20^\circ$, ein Bewegungsumfang von mindestens 90° , eine Bandstabilität des Gelenkes sowie insbesondere das Vorliegen einer unikompartimentellen (auf die mediale oder laterale Gelenkhälfte beschränkten) Arthrose mit weitgehend fehlenden Arthrosezeichen [Arthrosegrad 1- 2 nach Kellgren und Lawrence (1957)] in den übrigen Gelenkskompartimenten. (4)(26)(27)

Die Idee der Korrekturosteotomie besteht in der Verteilung der Last auf die gesünderen Gelenksbereiche. Damit kann eine gelenkersetzende Operation hinausgezögert werden. Der Nachteil liegt jedoch in einer eventuell später notwendigen Metallentfernung bzw. in einer Sklerosierung des Knochens. Das kann sich erschwerend auf einen eventuellen späteren Kniegelenksersatz auswirken. (4)(26)

Für andere gelenkserhaltende Methoden, die nicht sehr häufig im Routinebetrieb eingesetzt werden wie die Mikrofrakturierung, die Transplantation von autologen Chondrozyten oder Knochen-Knorpel-Transplantationen fehlt die eindeutige Evidenz für die Wirkung noch. (39) Diese Interventionen sollen den bestehenden Knorpeldefekt verkleinern bzw. eine Defektheilung anregen, wobei jedoch im Falle der Mikrofrakturierung kein hyaliner Knorpel sondern mechanisch minderwertigeres Reparatursgewebe (faserknorpeliges Gewebe) gebildet wird. (4)(26)(40)

Gelenkersetzende Operationen sogenannte Alloarthroplastiken sind insbesondere bei PatientInnen über 60 Jahren indiziert, sofern mehrere Gelenkskompartimente von arthrotischen Veränderungen betroffen sind und/oder gleichzeitig ein ausgeprägter

Leidensdruck durch die Einschränkungen der Alltagsverrichtungen bzw. Reduktion der Lebensqualität, die durch Lebensqualitätsparameter objektiviert wurde, vorliegt. Die ausreichende Knochenqualität ist für diese Eingriffe eine Grundvoraussetzung. (4)(26)

Absolute Kontraindikationen für einen künstlichen Gelenksersatz sind nicht sicher ausgeheilte Infektionen des Kniegelenkes, eine unzureichende muskuläre Führung, eine fehlende Tiefensensibilität sowie rezidivierende Hautdefekte bzw. Durchblutungsstörungen im Operationsbereich. (4)(26)

Folgende **Knieendoprothesen** können unterschieden werden:

- **Unikompartmentelle Endoprothesen:** Sie werden auch Hemischlitten genannt. Sie ersetzen nur eine Seite der femorotibialen Gelenkfläche, also entweder das mediale oder das laterale Kompartiment. Diese Art von Prothese ist daher nur indiziert, wenn sich die Arthrose klinisch und nativradiologisch auf ein Kompartiment beschränkt. Daher ist bei jüngeren PatientInnen die Umstellungsosteotomie eine Alternative. Varus- oder Valgusfehlstellungen von mehr als 15% und Beugekontrakturen über 10% erschweren die Operation bzw. stellen Kontraindikationen dar. (4)(26)

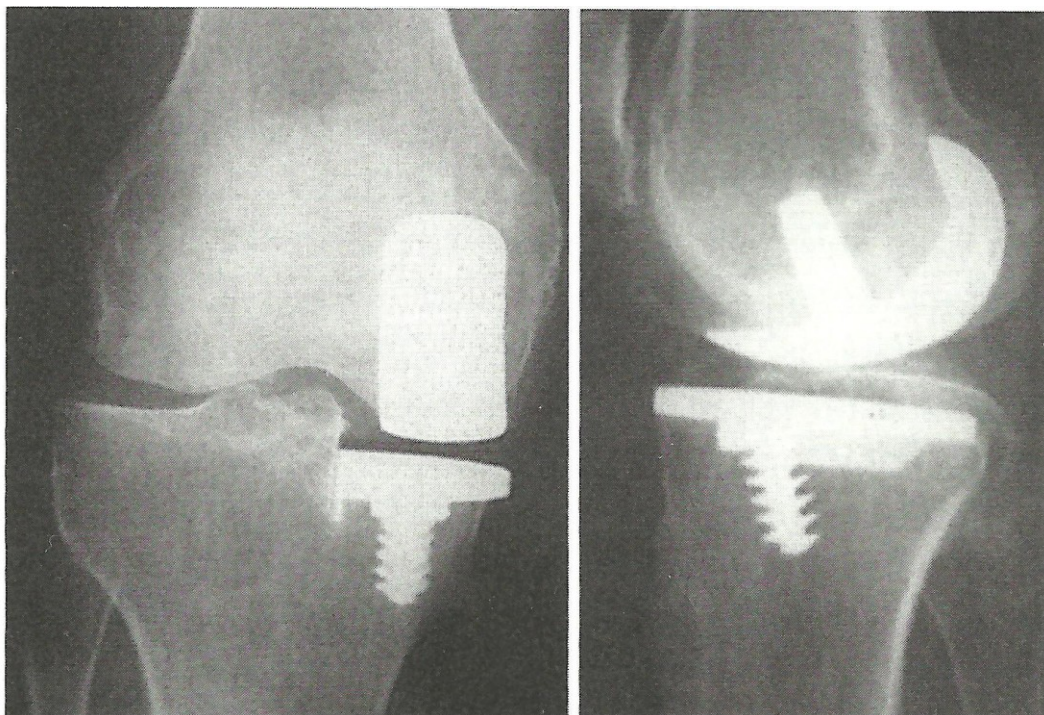


Abbildung 5. Unikompartmentelle Endoprothese. Quelle: Praxis der Orthopädie und Unfallchirurgie (4)

- **Bikompartmentelle und trikompartmentelle Endoprothesen, synonym „Knie totalendoprothesen (KTEP)“:** Der sogenannte **ungekoppelte**

Oberflächenersatz ersetzt alle Kompartimente (medial, lateral sofern indiziert-retropatellär) und gelangt standardmäßig beim primären Kniegelenksersatz zur Anwendung. In diesem Zusammenhang ist jedoch wichtig, dass der Kapsel- und insbesondere der Bandapparat intakt sind, da das Gelenk von diesen Strukturen geführt wird.

Der ungekoppelte Oberflächenersatz ist daher nur bei multikompartimentellen Arthrosen und intaktem Kapsel-Band-Apparat indiziert. Dabei sollten jedoch auch 20° an Beugekontraktur und 20° an Achsenfehlstellung in der Frontalebene nicht überschritten werden. Bei Insuffizienz der Seitenbänder oder des Streckapparates bzw. bei Vorliegen einer neuromuskulären Instabilität des Gelenkes ist diese Art von Prothese kontraindiziert. (4)(26)

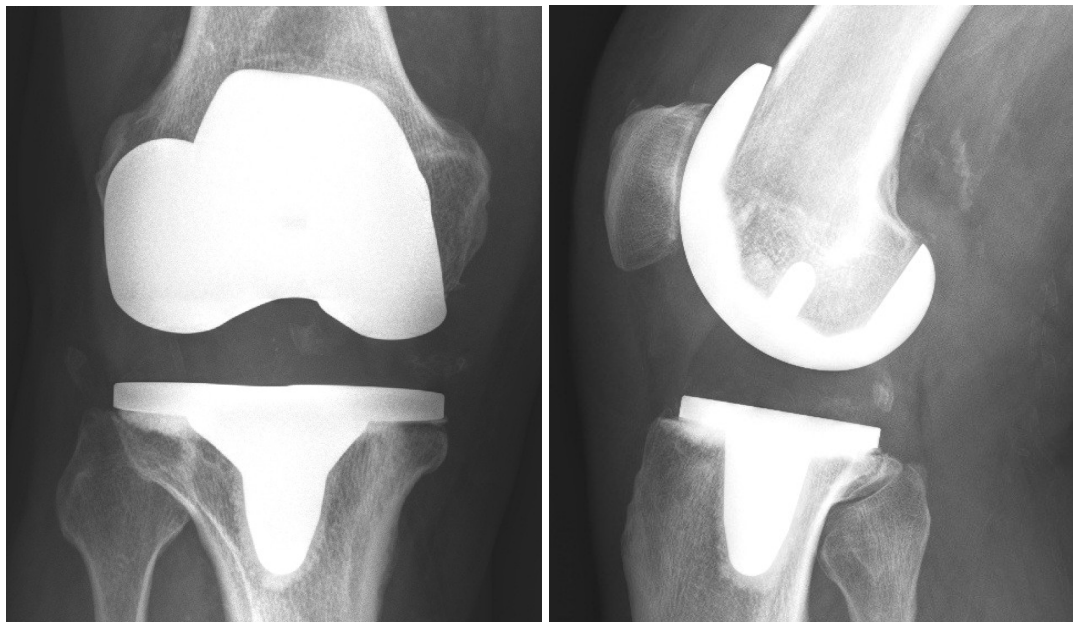


Abbildung 6. Bikompartimentelle Endoprothese = Knie totalendoprothese (KTEP). Quelle: Univ. Klinik für Orthopädie und orthopädische Chirurgie Graz

- **Achsgeführte Endoprothesen:** Diese Gelenksprothesen besitzen eine Kopplungskomponente, welche einwirkende Varus- und Valguskkräfte abfängt/abfedert und somit auch bei insuffizientem Bandapparat eine sichere Achsenführung gewährleistet. Achsgeführte Endoprothesen sind einer großen mechanischen Belastung ausgesetzt, was in der Regel eine zementierte Verankerung mit langem Stiel erfordert. Dies erschwert wiederum einen eventuell notwendigen Revisionseingriff. (4)(26)

Gelenkversteifende Operation, sogenannte Arthrodesen sind nach Mehrfachrevisionen indiziert. Das Vorliegen einer postarthritischen Gonarthrose bei rheumaerkrankten Frauen und Männern stellt eine relative Kontraindikation für die Arthrodesen dar. (26)

1.3.8 Gender-Aspekte der Gonarthrose sowie des endoprothetischen Kniegelenksersatzes

Wie bereits erwähnt, spielt das Alter eine große Rolle in der Ätiologie der Arthrose. Mit höherem Alter steigt das Risiko an einer Arthrose zu erkranken stark an. Aber auch das Geschlecht ist bedeutsam. (9)(20) Ab dem 50. Lebensjahr sind bei Frauen häufiger Arthrosen des Kniegelenks zu beobachten als bei Männern gleichen Alters. Laut einer Metaanalyse von Srikanth et al. (2005) sind gonarthrotische Veränderungen bei Frauen über 55 Jahren auch stärker ausgeprägt als bei Männern. Bezogen auf die Gonarthrose stellten Srikanth et al. (2005) eine verglichen mit Männern höhere Inzidenz und Prävalenz fest. Diese Ergebnisse decken sich grundsätzlich mit jenen der Framingham-Kohorte bzw. mit denen von Felson et al 1990. (9)(11)

Frauen haben eine durchschnittlich höhere Lebenserwartung als Männer und sind daher häufiger von Erkrankungen betroffen, welche wie die Arthrose das Alter als Risikofaktor aufweisen. (9)(20)

In einer Pilotstudie von Dr. Peter Pongratz an der Orthopädischen Abteilung des LKH-Universitätsklinikums in Graz (2012) wurde festgestellt, dass Frauen zum Zeitpunkt des endoprothetischen Kniegelenksersatzes tendenziell fortgeschrittenere Arthrosetgrade aufwiesen als Männer. (41)

Frauen sind trotz der scheinbar höheren Inzidenz und Prävalenz die Gonarthrose betreffend, in Bezug auf den Erhalt eines endoprothetischen Gelenksersatzes unterrepräsentiert. Eine Studie von Hawker et al. (2000) mit 48.218 über 55jährigen Personen aus Kanada zeigte, dass die Prävalenz von Arthrosen bei Frauen signifikant höher war als bei Männern. (42) Außerdem hatten Frauen stärker ausgeprägte Symptome. Frauen hatten gegenüber Männern auch größere Einschränkungen im Alltag und waren daher häufiger auf Unterstützung angewiesen. Diese Studie kam zum Ergebnis, dass sowohl bei Männern als auch bei Frauen gegenüber dem Bedarf verhältnismäßig zu selten ein endoprothetischer Gelenksersatz erfolgte. Trotz gegebener Operationsindikation erhielten Frauen seltener einen künstlichen Kniegelenksersatz als Männer, obwohl bei

beiden Geschlechtern die gleiche Bereitschaft für eine Implantation vorhanden war. Frauen gaben aber seltener als Männer an mit einem Arzt/einer Ärztin über eine Implantation eines endoprothetischen Gelenkersatzes gesprochen zu haben. Scheipl (2012) vermutet, dass die Zuweisung zum Chirurgen/zur Chirurgin bei Frauen seltener bzw. später erfolgt als bei Männern. (20)

1.4 Radiologische Diagnostik

Die konventionelle Röntgenaufnahme ist das Standardverfahren zur Diagnosestellung und Verlaufskontrolle der Arthrose. Nativradiologische Veränderungen sind jedoch erst im fortgeschrittenen Verlauf einer Arthrose erkennbar, sodass sich dieses Verfahren gut zur Diagnosestellung bzw. Verlaufskontrolle einer manifesten Arthrose, jedoch weniger zur Frühdiagnose eignet. Die Zerstörung des Gelenkes durch die Arthrose wird durch folgende Zeichen im Röntgen sichtbar:

- Asymmetrische Gelenkspaltverschmälerung
- Sklerose des subchondralen Knochens
- Osteophytenbildung
- Bildung von Geröllzysten

Die initialen Knorpelschäden können beispielsweise aber MR-tomografisch nachgewiesen werden. (43)

1.4.1 Aufbau eines Röntgengerätes

Ein konventionelles Röntgengerät setzt sich aus dem Generator und dem Röntgenstrahler, bestehend aus Röntgenröhre und Schutzgehäuse, zusammen.

Der **Generator** versorgt die Röntgenröhre mit Hochspannung und die Glühkathode mit Heizstrom. Die vom Generator gleichgerichtete Hochspannung beträgt 25 bis 150 kV. Der Heizstrom hat circa 20V und 2- 8A.

Die **Röntgenröhre** befindet sich in einem Schutzgehäuse und wird von Öl umgeben, das der Kühlung der Röntgenröhre und zur Isolation der Hochspannung dient. (43)

1.4.2 Erzeugung von Röntgenstrahlung

In einer **Röntgenröhre** befinden sich zwei Elektroden, eine positive Anode und eine negative Kathode. Die Kathode besteht aus einer Heizspirale, welche von einer Heizspannung zum Glühen gebracht wird. Durch die Energiezufuhr in Form von Wärme können sich Elektronen aus der Atomhülle lösen. Durch das Anlegen einer Beschleunigungsspannung (Hochspannung) zwischen Kathode und Anode werden die Elektronen von der negativ geladenen Kathode zur positiv geladenen Anode beschleunigt. Nach der Fokussierung der Elektronen im Wehnelt-Zylinder, welcher die Elektronenstrahlen fokussiert und die Helligkeit regelt, treffen sie am Brennfleck (Fokus) der Anode auf. Die Elektronen werden in der Oberfläche der Anode abgebremst und geben Energie ab. Lediglich 1% der kinetischen Energie wird in Form von Röntgenbremsstrahlung abgegeben. Die restliche Energie wird in Wärme umgewandelt. Das Anodenmaterial muss sehr hitzeresistent sein. Wolfram hat einen hohen Schmelzpunkt und eine gute Strahlenausbeute. Es kommt daher oft als Anodenmaterial zur Verwendung. Die Röntgenbremsstrahlung entsteht einerseits durch das Abbremsen der Elektronen im Feld der Atomkerne des Anodenmaterials und andererseits durch Anregung von Atomen in der Anode. Die Bremsstrahlung hat ein charakteristisches Energiespektrum. Je größer die Röhrenspannung ist desto größer ist auch die Maximalenergie im Spektrum.

Man kann die Röntgenstrahlung nach deren Energiespektrum einteilen in energiearme oder weiche Strahlung ($<100\text{keV}$), harte Strahlung ($100\text{keV} - 1\text{MeV}$) und ultraharte Strahlung ($>1\text{MeV}$). Die Strahlenqualität bzw. „Härte“ der Strahlung ist also von der Röhrenspannung abhängig und bedingt die Eindringtiefe der Röntgenstrahlung.

Die energiearme bzw. weiche Strahlung wird bereits in den oberflächlichen Gewebeschichten des Patienten/der Patientin stark absorbiert und verursacht dort Schäden. Sie trägt nichts zur Bildinformation bei und muss durch einen speziellen Härtingsfilter reduziert werden. (44)(43)

1.4.3 Bilderzeugung

Wenn Röntgenstrahlung durch Materie tritt wird sie auf Grund von Streuung und Absorption geschwächt. Je kleiner die Energie der Photonen ist desto ausgeprägter ist deren Absorption. Bei hoher Photonenenergie tritt vermehrt Streuung auf. Ein großes Maß

an Streustrahlung vermindert den Schwärzungscontrast und damit die Qualität des Röntgenbildes. Um die Streustrahlung zu verhindern werden Streustrahlenraster eingesetzt. Wie stark die Röntgenstrahlung beim Durchtreten einer Materie geschwächt wird, ist abhängig von:

- der Dicke des Materials
- der Dichte des Materials
- der Ordnungszahl des Materials
- der Strahlenqualität („Härte“)

Bei einem Röntgenbild handelt es sich um ein **Negativbild**. Wenn auf den mit Silberbromkristallen beschichteten Röntgenfilm Röntgenstrahlung auftrifft, kommt es zur Belichtung des Films in zwei Phasen:

1. **Elektronenphase**: Durch die Energie der Strahlung wird ein Elektron aus dem Bromidion geschlagen.
2. In der **Ionenphase** kommt es zu einer Silberreduktion durch die Aufnahme der freien Elektronen aus der Elektronenphase.

Trifft also Röntgenstrahlung auf ein dickes Material mit hoher Dichte und hoher Ordnungszahl der Atome, wie z.B. Knochen auf, werden die Strahlen stark absorbiert und das Bilddetail erscheint hell. Ist das zu durchstrahlende Gewebe mit Luft gefüllt wie das Lungengewebe ist die Absorption gering und die Region erscheint auf dem Röntgenbild dunkel. Es ergibt sich also ein umgekehrtes Bild: Ein dunkles Aerial auf dem Röntgenfilm wird als **Aufhellung** (geringe Absorption) beschrieben, demgegenüber werden die hellen Bezirke als **Verschattung** (hohe Absorption) bezeichnet. (43)

Heutzutage werden alle Bilder **digital** aufgenommen und verarbeitet. Das gesamte Bild wird in **Pixel** aufgeteilt. Jedes Pixel wird in einer ihm zugeteilten Graustufe angezeigt. Die Ortsauflösung des Bildes wird durch die Anzahl der Pixel pro Fläche bestimmt. Je größer die Anzahl der pro Pixel verfügbaren Graustufen desto exakter ist die Grauwertdarstellung. In der Klinik werden die Bilder digital gespeichert und sind über PACS/Picture Archiving and Communication System klinikintern für Zugangsberechtigte jederzeit und überall abrufbar. (43)

1.5 Präoperative Röntgeneinstellungen

Routinemäßig werden vor der Operation einer Kniegelenksendoprothese präoperativ von allen PatientInnen folgende Röntgenaufnahmen des zu operierenden Beines bzw. Kniegelenkes gemacht:

- Kniegelenk **von der Seite/seitlich**: In dieser Profilaufnahme liegt der/die PatientIn auf der Seite, wobei das Kniegelenk 30° gebeugt ist und der Unterschenkel ein wenig angehoben wird. Diese Abbildung dient der Beurteilung der Patellahöhe. (45) (siehe Abbildung 1)
- Kniegelenk im **anterio-posterioren** Strahlengang: Das Bein der Patientin/des Patienten wird im Kniegelenk gestreckt, sodass die Patella nach vorne gerichtet ist. Es wird so versucht, den Gelenkspalt orthograd zu durchleuchten. In dieser Aufnahme können die Breite des Gelenkspaltes, die Femurkondylen, die Lage der Patella und die Oberfläche des Tibiakopfes beurteilt werden. (45) (siehe Abbildung 1)
- **Beinganzaufnahme** im Stehen (siehe Abbildung 14): Bei dieser Spezialaufnahme werden die Mittelpunkte des Hüftkopfes und der Talusgelenksfläche bestimmt. Diese Punkte werden durch die sogenannte „Von-Mikulicz-Linie“ verbunden. Dadurch kann eine Achsabweichung im Kniegelenk vermessen werden. (45)
- Patella im **tangentialen** Strahlengang: Bei dieser Aufnahme liegt der Patient/die Patientin am Rücken und beugt das Kniegelenk um 30° . Der Strahlengang verläuft von kranial nach kaudal. In dieser Standardaufnahme wird das Vorhandensein einer Retropatellararthrose beurteilt. (45) (siehe Abbildung 7)



Abbildung 7. rechte Patella im tangentialen Strahlengang. Quelle: Univ. Klinik für Orthopädie und orthopädische Chirurgie Graz

1.6 Arthrosegrade nach Kellgren und Lawrence (1957)

Die am häufigsten angewandte Methode zur **radiologischen Bestimmung** einer Arthrose ist die Klassifizierung nach Kellgren und Lawrence (1957). (27) Diese Einteilung der Arthrose erfolgt in fünf Graden (siehe Tabelle 1). (27)

In der Originalarbeit von Kellgren und Lawrence (1957) wurden die Inter- und Intraobserver-Variabilität in Bezug auf die Beurteilung der nativradiologischen Arthrosegrade ermittelt. Kellgren und Lawrence (1957) haben für ihre Studie 510 Röntgenbilder von Gelenken von 85 Personen im Alter von 55 bis 64 Jahren nach Arthrosegraden beurteilt. Zwei Begutachter sahen sich die Röntgenbilder beim ersten Mal gemeinsam an, um die Standards zur Beurteilung festzulegen. Nach zwei Jahren beurteilten sie diese Bilder noch einmal unabhängig voneinander. Es wurde die Interobserver-Variabilität bestimmt, der Unterschied in der Beurteilung eines Bildes zwischen zwei Begutachtern. Jeder der beiden Begutachter sah sich die Bilder dann einen Monat später noch ein drittes Mal an, und es wurde die Intraobserver-Variabilität ermittelt, der Unterschied eines Begutachters bei der zweimaligen Beurteilung eines Bildes

beispielsweise in zeitlicher Distanz. Die Begutachter hatten keine Informationen zur klinischen Symptomatik oder zu früheren Befunden der PatientInnen.

Aufgrund der festgestellten Inter- und Intraobserver-Variabilität kamen die Autoren zu dem Schluss, dass Röntgenbilder in einer Studie im Sinne der Reproduzierbarkeit und Validität der Befunde wenn möglich von einem/r einzelnen BegutachterIn oder von zwei BegutachterInnen in Absprache befundet werden sollten. (27)

Folgende **radiologische Veränderungen** werden nach Kellgren und Lawrence (1957) als charakteristisch für eine Arthrose definiert:

1. Ausbildung von Osteophyten.
2. Periartikuläre Ossifikationen.
3. Verschmälerung des Knorpels mit Sklerosierung des subchondralen Knochens.
4. Kleine Pseudozysten mit sklerosierten Wänden im subchondralen Knochen.
5. Veränderte Form der Knochenenden.

Die arthrotischen Veränderungen werden von den Autoren in **fünf Grade** (Grad 0- 4) eingeteilt:

Tabelle 1. Arthrosegrade nach Kellgren und Lawrence (1957). Quelle: Darstellung angelehnt an Kellgren und Lawrence (1957). (27)

Grad 0	Keine erkennbaren nativradiologischen Veränderungen.
Grad 1	Geringe Sklerose des subchondralen Knochens, beginnende Osteophytenbildung. (siehe Abbildung 8)
Grad 2	Mäßige Verengung des Gelenkspaltes und mittelmäßige subchondrale Sklerose. (siehe Abbildung 9)
Grad 3	Der Gelenkspalt ist auf mehr als die Hälfte reduziert. Die Femurkondylen sind abgerundet. Die subchondrale Sklerose ist bereits erheblich. Es zeigt sich eine massive Osteophytenbildung. (siehe Abbildung 10)
Grad 4	Gelenkszerstörung. Der Gelenkspalt ist ausgelöscht. Im Tibiakopf sind subchondrale Zysten sichtbar. Das Gelenk ist subluxiert. (siehe Abbildung 11)



Abbildung 8. Grad 1 nach Kellgren und Lawrence (1957): Geringe Sklerose des subchondralen Knochens, beginnende Osteophytenbildung. Quelle: Univ. Klinik für Orthopädie und orthopädische Chirurgie Graz



Abbildung 9. Grad 2 nach Kellgren und Lawrence (1957): Mäßige Verengung des Gelenkspaltes und mittelmäßige subchondrale Sklerose. Quelle: Univ. Klinik für Orthopädie und orthopädische Chirurgie Graz



Abbildung 10. Grad 3 nach Kellgren und Lawrence (1957): Der Gelenkspalt ist auf mehr als die Hälfte reduziert. Die Femurkondylen sind abgerundet. Die subchondrale Sklerose ist bereits erheblich. Es zeigt sich eine massive Osteophytenbildung. Quelle: Univ. Klinik für Orthopädie und orthopädische Chirurgie Graz



Abbildung 11. Grad 4 nach Kellgren und Lawrence (1957): Gelenkszerstörung. Der Gelenkspalt ist ausgelöscht. Im Tibiakopf sind subchondrale Zysten sichtbar. Das Gelenk ist subluxiert. Quelle: Univ. Klinik für Orthopädie und orthopädische Chirurgie Graz.

1.7 Beinachsen

Die Beinachsen werden eingezeichnet, um eventuelle Fehlstellungen ausmessen zu können. Als **mechanische Achse** wird jene Linie bezeichnet, welche vom Hüftkopfbereich bis zur Mitte des Sprunggelenkes zieht. (46) Diese Linie wird als „Von-Mikulicz-Linie“ bezeichnet. Unter physiologischen Bedingungen verläuft diese Linie etwas medial vom Kniegelenkszentrum. (47)(48) Die mechanische Achsabweichung ist definiert als der Abstand der mechanischen Beinachse vom Kniegelenkszentrum. (46)

Zur Bestimmung der **anatomischen Achse** des **Femurs** wird die Mitte der Femurkondylen (Kniegelenkszentrum) auf Höhe des Gelenkspaltes sowie die Mitte der Femurschaftbreite, auf halber Länge des Femurs, eingezeichnet und diese beiden Punkte miteinander verbunden.

Die **mechanische Femurachse** ist eine Verbindungslinie von Hüftkopfbereich zum Kniegelenkszentrum.

Die **mechanische Tibiachse** ist definiert als Verbindungslinie zwischen Kniegelenkszentrum (Zentrum der Kreuzbandhöcker) und Zentrum des oberen Sprunggelenkes. (46)(48)(49) (siehe Abbildung 14)

1.7.1 Winkel der unteren Extremität

Folgende Winkel werden vermessen (siehe Abbildung 14 in Kapitel „2.3 Vermessung der Winkel“):

- **Winkel α** ist definiert als der Winkel zwischen der mechanischen Femurachse (a) und der mechanischen Tibiachse (b). (48)(49) Laut der AWMF Leitlinie 2009 liegt der Normwert des Winkels α bei 0° . (50) Die mechanische Achsabweichung (englisch: alignment) ist ein wichtiger Parameter um eine Fehlstellung in der Frontalebene im Sinne einer Valgus - oder Varusfehlstellung erkennen zu können. Ein Winkel $\alpha > 0^\circ$ wurde als Varusstellung und ein Winkel $\alpha < 0^\circ$ als Valgusstellung definiert.
- **Winkel β** zwischen der mechanischen und der anatomischen Femurachse (c): Dieser Winkel beträgt physiologischerweise etwa 7° ($\pm 2^\circ$). (46)(50) Dieser wird stark von der Rotation des Femurs beeinflusst. Bei Innenrotation des Femurs wird

der Winkel größer und bei Außenrotation kleiner. Die Innenrotation des Femurs simuliert eine Valgusstellung und die Außenrotation eine Varusstellung. (51)(52)

- Mechanischer **Gelenksflächenwinkel δ** des distalen Femurs: δ ist der Winkel zwischen femoraler Kniebasislinie (Tangente an die Femurkondylen d) und der mechanischen Femurachse. Dieser Winkel ist physiologischerweise zwischen 85° und 90° . (46)(47)(50)
- Mechanischer **Gelenksflächenwinkel δ'** der proximalen Tibia: Dies ist der Winkel zwischen der tibialen Kniebasislinie (Tangente am Tibiaplateau d') und der mechanischen Tibiaachse. δ' liegt physiologischerweise ebenfalls zwischen 85° und 90° . Die Bestimmung der Winkel δ und δ' wird für den Malalignment-Test benötigt. Wenn der Winkel δ nicht im Normbereich liegt, ist der Grund der Fehlstellung im Femur zu suchen. Wenn der Winkel δ' von der Norm abweicht, liegt das Problem wahrscheinlich in der Tibia. (46)(47)(50)

1.7.1.1 Der Q-Winkel

Der Q - Winkel ist der Winkel zwischen einer Linie, welche von der Spina iliaca anterior superior bis zur Mitte der Patella (Kraftvektor des M. quadrizeps femoris) zieht, und einer Linie vom Mittelpunkt der Patella bis zur Tuberositas Tibiae (siehe Abbildung 12). Der Winkel variiert zwischen 6° und 27° . (53)(54) Die Vermessung dieses Winkels stellt sich teilweise schwer dar sodass die Reproduzierbarkeit ein Problem darstellt. (55)

Frauen sind durchschnittlich kleiner und haben ein breiteres Becken als Männer. Dadurch ist der Q-Winkel bei Frauen im Durchschnitt größer als bei Männern. Ein größerer Q - Winkel verursacht einen verstärkten Zug des lateralen Anteils des Quadrizeps femoris auf die Patella. Mit größer werdendem Q - Winkel steigt der Druck auf den lateralen Anteil der Patella was wiederum zur Lateralisation der Patella mit erhöhten Arthrosegraden und Schmerzen führt. (53)(54)(55)

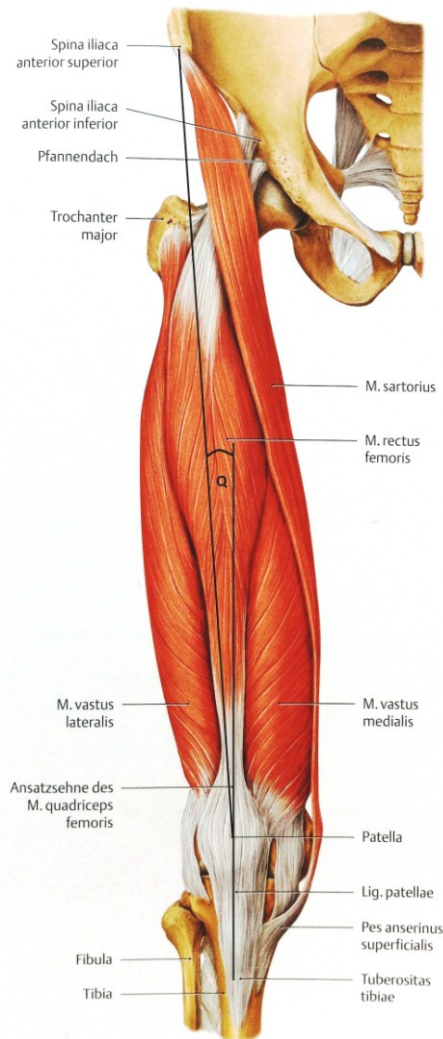


Abbildung 12. Q-Winkel. Quelle: Prometheus (1)

1.8 Studienziele

Ziel dieser Arbeit im Rahmen der Gender-Forschung an der Universitätsklinik für Orthopädie und orthopädische Chirurgie Graz ist es daher, eventuell vorhandene Geschlechterunterschiede in Hinblick auf die präoperative Gonarthroseausprägung im eigenen PatientInnenkollektiv zu erfassen. Dazu wurden die präoperativen Arthrosegrade und Achsfehlstellungen von allen PatientInnen, welche an der Universitätsklinik für Orthopädie und orthopädische Chirurgie der Medizinischen Universität Graz im Zeitraum 2006 bis 2012 eine Knie totalendoprothese erhielten, auf geschlechterspezifische Unterschiede analysiert. Wir wollten wissen, ob anhand der präoperativen nativradiologischen Aufnahmen pathologische Veränderungen auszumachen sind, welche geschlechterspezifische Unterschiede in Bezug auf die Arthrose und Achsfehlstellung zeigen.

2 Material und Methoden

2.1 Studiendesign und Einschlusskriterien

Diese Studie ist retrospektiv. Alle präoperativen nativen Röntgenaufnahmen von PatientInnen, welche aufgrund einer primären Gonarthrose im Zeitraum von 28.03.2006 bis 31.10.2012 an der Universitätsklinik für Orthopädie und orthopädische Chirurgie der Medizinischen Universität Graz eine Knie totalendoprothese bekamen, wurden hinsichtlich der präoperativen Arthrosegrade und Achsabweichungen im Kniegelenk evaluiert. Weitere Einschlusskriterien waren ein Body Mass Index zwischen 25 kg/m² und 36 kg/m² sowie ein PatientInnenalter zwischen 60 und 75 Jahren.

Die Auswahl der PatientInnen erfolgte über deren elektronische Krankenakte. Alle für die Studie relevanten klinischen Daten, wie Alter, BMI sowie Operationszeitpunkt, wie auch die präoperativen Röntgenbilder wurden aus dem elektronischen Kommunikations- und Informationsnetzwerk für die steirischen Landeskrankenhäuser und das Universitätsklinikum Graz (MEDOCS) extrahiert und analysiert.

Insgesamt trafen die gewählten Einschlusskriterien auf 345 (182 linke und 163 rechte) Kniegelenke von 307 operierten PatientInnen zu. Davon waren 132 (38%) Kniegelenke männlich und 213 (62%) Kniegelenke weiblich (siehe Abbildung 13). Von diesen 345 Kniegelenken konnten nur 340 (130 männliche und 210 weibliche Kniegelenke, 180 linke und 160 rechte Kniegelenke) von 302 PatientInnen zur Beurteilung der Arthrosegrade herangezogen werden. Zu den restlichen 5 Kniegelenken (3 weibliche und 2 männliche, 3 rechte und 2 linke) lagen keine Röntgenaufnahmen des Kniegelenkes im System vor.

Das femoropatellare Kompartiment wurde lediglich für 319 Kniegelenke (194 weibliche und 125 männliche sowie 166 linke und 153 rechte Kniegelenke) von 281 PatientInnen ausgewertet. Von den übrigen 21 Kniegelenken (16 weibliche und 5 männliche) von PatientInnen lagen keine Aufnahmen der Patella tangential im System vor.

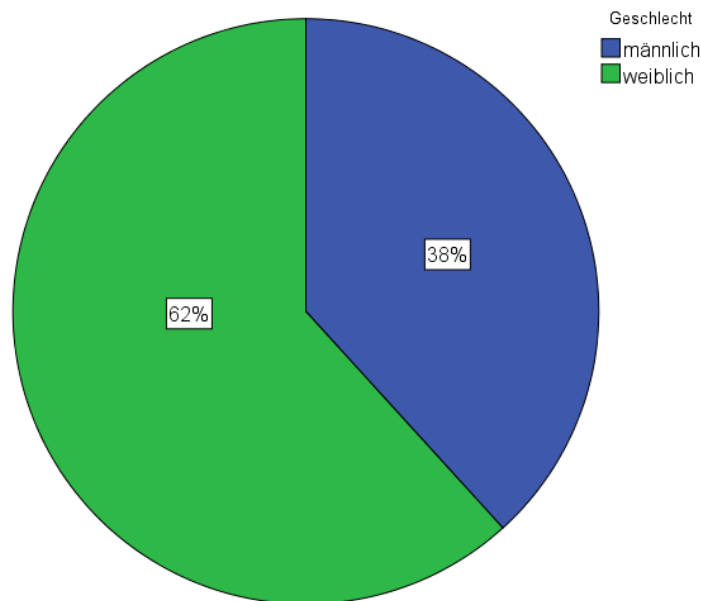


Abbildung 13. Geschlechtsverteilung der untersuchten Kniegelenke

Zur Vermessung der Winkel wurden 265 PatientInnen von den insgesamt 307 im Kollektiv enthaltenen PatientInnen eingeschlossen. Von diesen 265 PatientInnen wurden 303 Kniegelenke (186 weibliche [61%] und 117 männliche [39%]) vermessen. Diese unterteilten sich in 157 linke und 146 rechte Kniegelenke.

Von 31 PatientInnen (10 männlichen und 21 weiblichen) war keine elektronisch archivierte präoperative Ganzbeinaufnahme im Stehen vorhanden. Die verbleibenden 11 PatientInnen (5 Männer und 6 Frauen) mussten wegen einer liegenden Hüfttotalendoprothese ausgeschlossen werden, da eine derartige die Achsvermessung der unteren Extremität nachhaltig beeinflusst. Insgesamt konnten somit die Bilder von 42 PatientInnen (27 Frauen und 15 Männern) nicht für die Achsvermessungen herangezogen werden.

Insgesamt erfolgte also an 340 Kniegelenken von 302 PatientInnen eine Arthrosegrad-Bestimmung und an 303 Kniegelenken von 265 PatientInnen die Vermessung der Winkel. Das mittlere Alter des gesamten Kollektivs betrug 68,61 Jahre. Das Alter jener PatientInnen, welche nicht eingeschlossen werden konnten, unterschied sich davon nur unwesentlich und betrug im Mittel 68,8 Jahre.

Die Studie wurde von der Ethikkommission der Medizinischen Universität Graz approbiert (Nummer des Votums: 25-377 ex 12/13).

2.2 Bestimmung der nativradiologischen Arthrosegrade

Die Arthrosegrade für alle Kompartimenten (medial, lateral und femoropatellar) wurden nach der Einteilung von Kellgren und Lawrence (siehe Kapitel 1.6 „Arthrosegrade nach Kellgren und Lawrence [1957]“) vom Begutachter, einem Facharzt für Radiologie, mit mehr als zweijähriger Erfahrung in muskuloskelettaler Radiologie, beurteilt. Die Beurteilung erfolgte zweimalig in einem Abstand von vier Wochen zur Bestimmung der Intraobserver-Variabilität.

Die Arthrosegrade wurden anhand der standardmäßig durchgeführten präoperativen Röntgenaufnahmen des Kniegelenkes bestimmt. Zu den durchgeführten Standardaufnahmen zählten, wie bereits in Kapitel 1.5 „präoperative Röntgeneinstellungen“ erwähnt, Röntgenaufnahmen des Kniegelenkes anterior-posterior, seitlich und die Aufnahme der Patella im tangentialen Strahlengang. Die Röntgenbilder aller PatientInnen wurden in Bezug auf das Geschlecht verblindet. Es wurden alle Namen durch die Nummern der PatientInnen in unserer Tabelle ersetzt und dem Begutachter vorgelegt.

2.3 Vermessung der Winkel

Die Vermessung der Beinachse erfolgte anhand der nativradiologischen Ganzbeinaufnahme im Stehen. Es wurden insgesamt 303 Röntgenaufnahmen von den eingeschlossenen PatientInnen ausgedruckt und vermessen.

Zur Verblindung wurden die Namen der PatientInnen überklebt und durch eine Nummer ersetzt. Die vermessenen Kniegelenke teilten sich in 186 weibliche, und 117 männliche auf. Die Vermessung der Winkel erfolgte in Anlehnung an Paley et Pfeil (2002) und Poilvache et al. (1996). (46)(49) (siehe Abbildung 14)

Es wurden die in Kapitel 1.7 „Beinachsen“ beschriebene **Achsen** eingezeichnet (siehe Abbildung 14):

- Die mechanische Femurachse (a)
- Die mechanische Tibiaachse (b)
- Die anatomische Femurachse (c)

Nach dem Einzeichnen der Achsen wurden folgende **Winkel** vermessen (siehe Abbildung 14):

- Winkel α als Winkel zwischen der mechanischen Achse des Femurs (a) und der mechanischen Achse der Tibia (b). (49)(48) Ein Winkel $\alpha > 0^\circ$ wurde als Varusstellung und ein Winkel $\alpha < 0^\circ$ als Valgusstellung definiert. 0° wurde als Neutralstellung gewertet.
- Winkel β zwischen der mechanischen (a) und der anatomischen Femurachse (c).
- Mechanischer Gelenksflächenwinkel δ des distalen Femurs: δ ist der Winkel zwischen femoraler Kniebasislinie [Tangente an die Femurkondylen (d)] und der mechanischen Femurachse (a).
- Mechanischer Gelenksflächenwinkel δ' der proximalen Tibia: Dies ist der Winkel zwischen der tibialen Kniebasislinie [Tangente am Tibiaplateau (d')] und der mechanischer Tibiaachse (b).

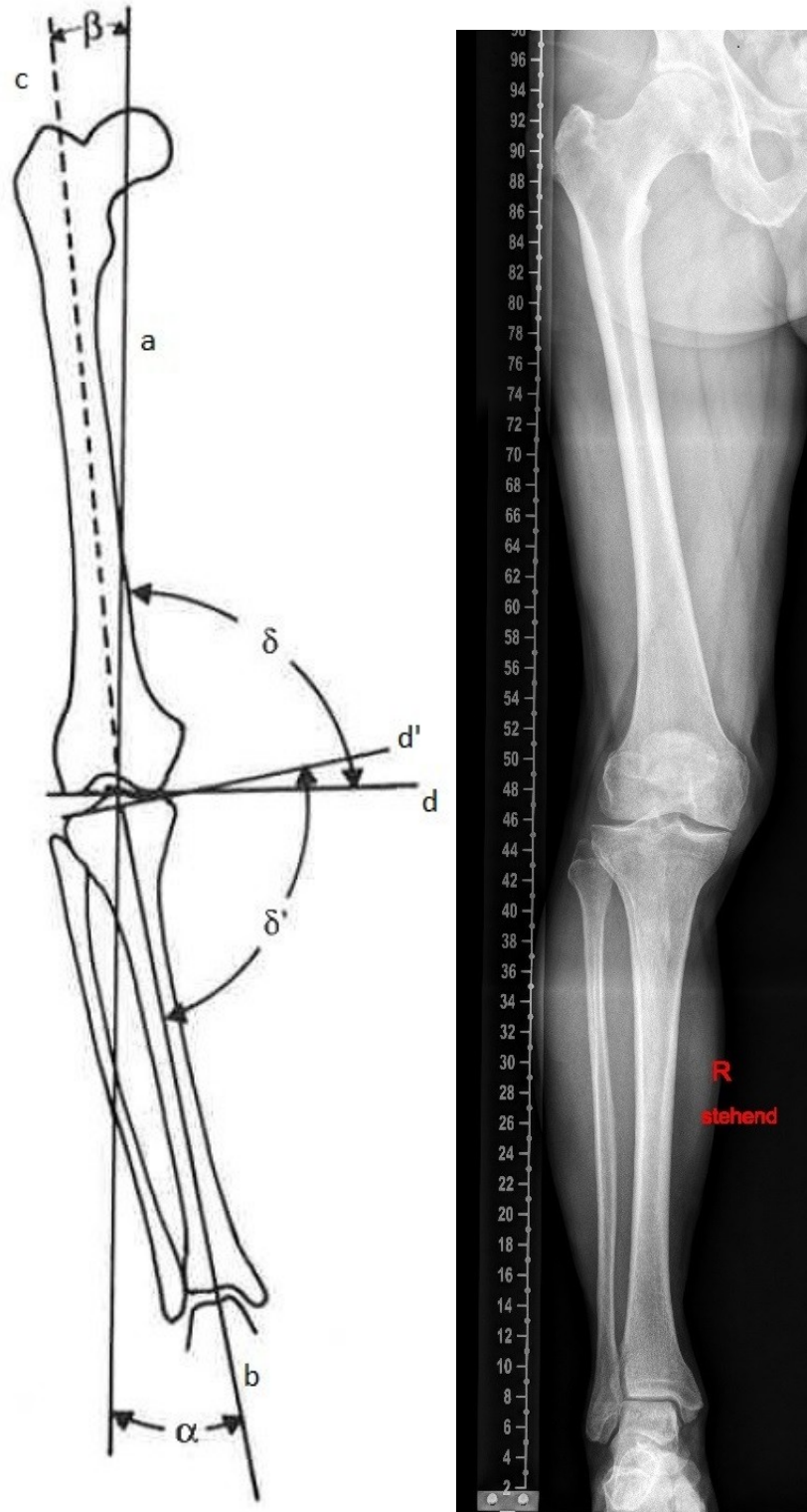


Abbildung 14. links: Schematische Darstellung der vermessenen Winkel nach (49); rechts: Ganzbeinaufnahme im Stehen. a: mechanische Femurachse, b: mechanische Tibiaachse, c: anatomische Femurachse, d: Tangente an die Femurkondylen, d': Tangente am Tibiaplateau. Quelle:(49)/ Univ. Klinik für Orthopädie und orthopädische Chirurgie Graz

2.4 Statistische Auswertung

Die gesammelten Daten zu den präoperativen Arthrosegraden und den vermessenen Winkeln wurden in Microsoft Excel® Tabellen eingetragen und mit Hilfe von IBM® SPSS® Statistics Version 19 statistisch ausgewertet. Es wurden die Mittelwerte und die Standardabweichungen (SD) von den Arthrosegraden und den vermessenen Winkeln bestimmt. Die Daten wurden mit Hilfe des Kolmogorow-Smirnow-Tests auf Normalverteilung geprüft. Bei nicht Normalverteilten Stichproben wurde der Wilcoxon-Mann-Whitney-Test (Mann-Whitney-Test) zum Vergleich von zwei Gruppen (Männer und Frauen) verwendet. Bei Normalverteilung wurde der Student's t-Testes durchgeführt. Die Bestimmung des Rangkorrelationskoeffizienten r für die Korrelationen der Arthrosegrade mit den Fehlstellungen erfolgte mittels des Spearman-Tests. Das Signifikanz-Level wurde mit $p > 0,05$ festgelegt.

Um die Intraobserver-Variabilität zwischen den beiden Beurteilungen der Arthrosegrade zu bestimmen wurde der Intraclass Correlation Coefficient (ICC) errechnet.

3 Ergebnisse

3.1 PatientInnenkollektiv

3.1.1 Altersverteilung

Das mittlere Alter der eingeschlossenen PatientInnen lag bei 68,61 Jahren (Median = 69). Im weiblichen Kollektiv betrug das mittlere Alter 68,64 Jahre. Im männlichen Kollektiv waren es 68,56 Jahre (siehe Abbildung 15).

Der Unterschied in der Altersverteilung war zwischen den Geschlechtern nicht signifikant (Mann-Whitney-Test, $p = 0,887$).

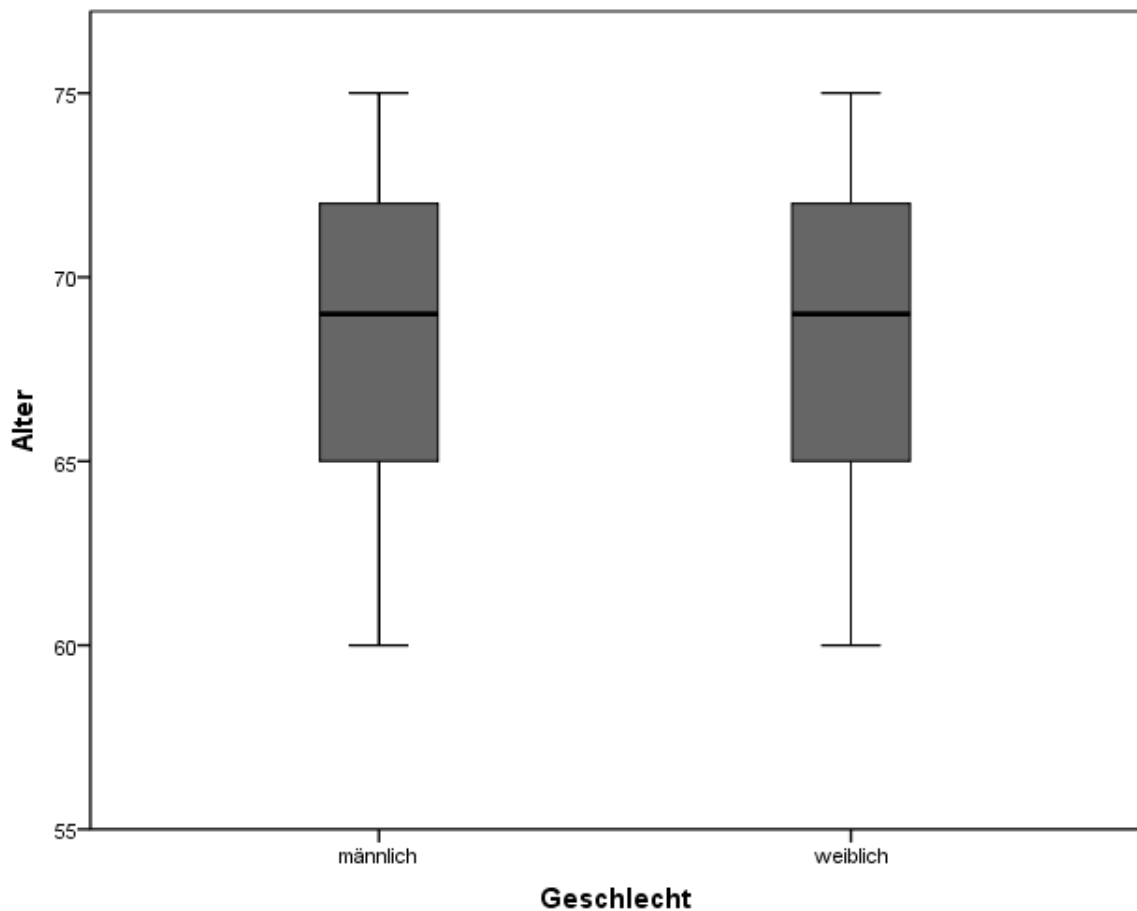


Abbildung 15. Altersverteilung

3.1.2 BMI

Der mittlere BMI betrug insgesamt 30,07 kg/m² (SD 2,92). Beim weiblichen Geschlecht lag der BMI bei 30,28 kg/m² (SD 3,13; 25,08 bis 35,94 kg/m²). Beim männlichen Geschlecht betrug der BMI 29,72 kg/m² (SD 2,52; 25,18 bis 35,92 kg/m²) (siehe Abbildung 16). Der Mittelwert des BMI war also bei den Frauen um 0,56 kg/m² größer als bei den Männern.

Der Unterschied der beiden Geschlechter war in Bezug auf den BMI jedoch nicht signifikant (t-Test, p = 0,084).

In Bezug auf das Alter und den BMI sind die Gruppen (männlich; weiblich) somit gut vergleichbar.

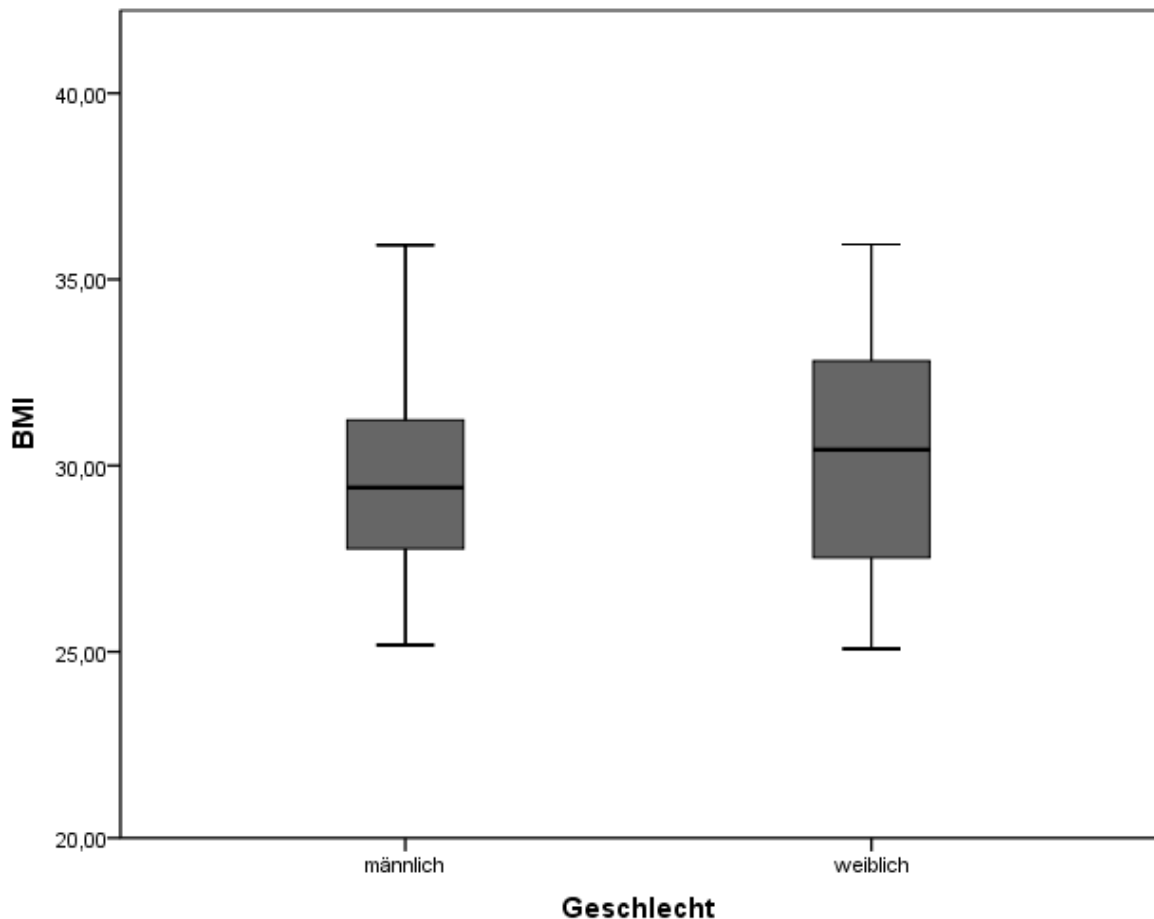


Abbildung 16. BMI in kg/m² in Bezug auf das Geschlecht

3.2 Nativradiologische Bestimmung der Arthrosegrade

3.2.1 Arthrosegrade zum Lesezeitpunkt 1

Es wurden die Röntgenbilder von 340 Kniegelenken auf ihre präoperativen Arthrosegrade untersucht. Davon waren 210 weiblich und 130 männlich.

Im femoropatellaren Kompartiment wurden nur 319 Kniegelenke (194 weibliche und 125 männliche) eingeschlossen.

Die Mittelwerte der Arthrosegrade nach Kellgren und Lawrence in den einzelnen Kompartimenten stellten sich folgendermaßen dar (siehe Tabelle 2):

Tabelle 2. Mittelwerte der Arthrosegrade in allen drei Kompartimenten nach Kellgren und Lawrence (1957) zum Lesezeitpunkt 1. Die Standardabweichung wird in eckigen Klammern angegeben.

Lokalisation	Gruppe (n = 340)	Männer (n = 130)	Frauen (n = 210)	p
Medial	2,94 [0,75]	2,98 [0,73]	2,92 [0,76]	0,554
Lateral	2,03 [0,88]	2,00 [0,88]	2,04 [0,89]	0,482
	Gruppe (n = 319)	Männer (n = 125)	Frauen (n = 194)	
Femoropatellar	2,21 [0,75]	2,05 [0,76]	2,31 [0,72]	0,002

Für das mediale Kompartiment ergaben sich folgende absolute Werte:

- 79 Kniegelenke mit Arthrosegrad 4 (47 weibliche und 32 männliche)
- 168 Kniegelenke mit Arthrosegrad 3 (104 weibliche und 64 männliche)
- 87 Kniegelenke mit Arthrosegrad 2 (54 weibliche und 33 männliche)
- 6 Kniegelenke mit Arthrosegrad 1 (5 weibliche und 1 männliches) (siehe Abbildung 17)

Im medialen Kompartiment lag der mittlere Arthrosegrad ohne Auftrennung nach Geschlecht bei 2,94 (SD 0,75). Bei den Frauen betrug der mediale mittlere Arthrosegrad 2,92 (SD 0,76). Bei den Männern hingegen lag er bei 2,98 (SD 0,73). Der Unterschied war nicht signifikant (Mann-Whitney-Test, $p = 0,554$). (siehe Tabelle 2)

Für das laterale Kompartiment ergaben sich folgende Werte:

- 23 Kniegelenke mit Arthrosegrad 4 (13 weibliche und 10 männliche)
- 60 Kniegelenke mit Arthrosegrad 3 (42 weibliche und 18 männliche)
- 168 Kniegelenke mit Arthrosegrad 2 (102 weibliche und 66 weibliche)
- 81 Kniegelenke mit Arthrosegrad 1 (47 weibliche und 34 männliche)
- 8 Kniegelenke ohne arthrotische Veränderungen im Röntgen (6 weibliche und 2 männliche) (siehe Abbildung 18)

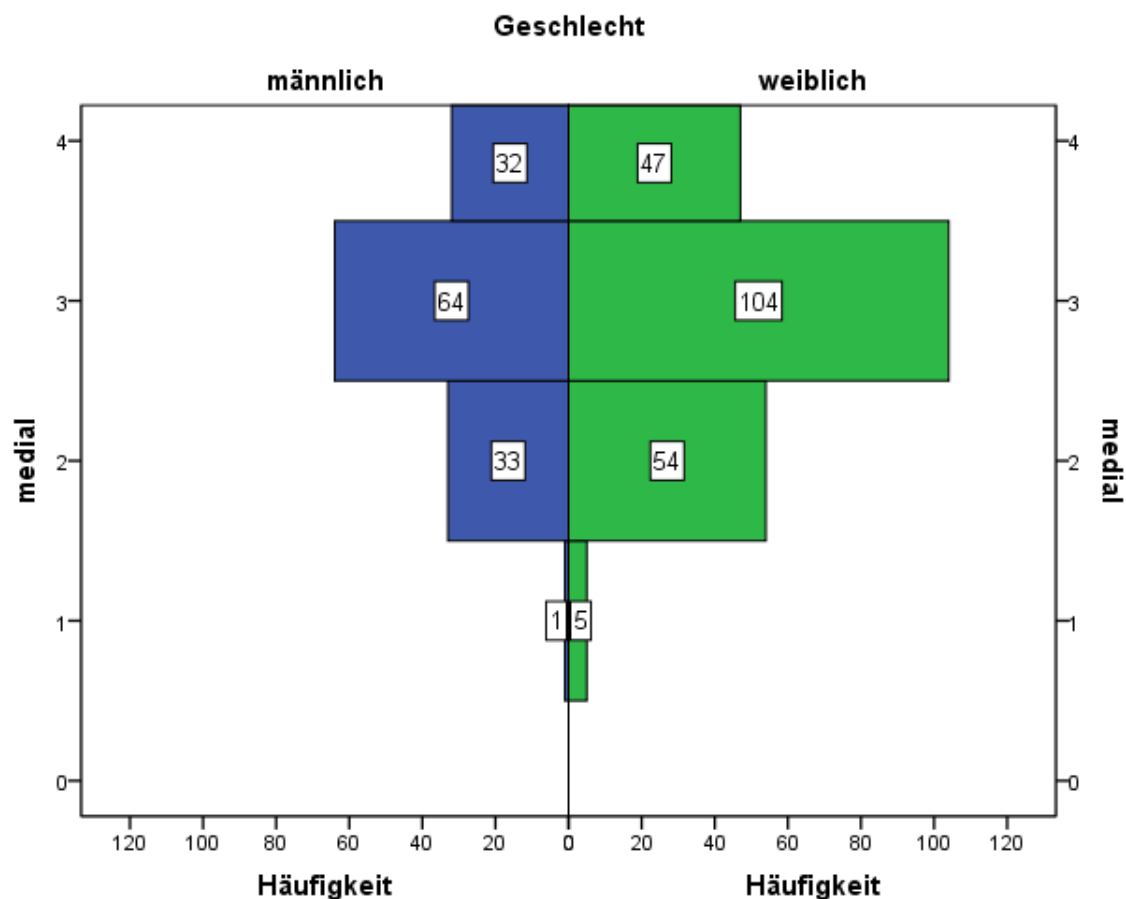


Abbildung 17. Arthrosegrade nach Kellgren und Lawrence im medialen Kompartiment.

Lateral betrug der mittlere Arthrosegrad ohne Auftrennung nach Geschlecht 2,03 (SD 0,88). In der Gruppe der Frauen lag er bei 2,04 (SD 0,89). Bei den Männern betrug der laterale Arthrosegrad im Mittel 2,03 (SD 0,88). Der Unterschied war auch hier nicht signifikant (Mann-Whitney-Test, $p = 0,482$). (siehe Tabelle 2)

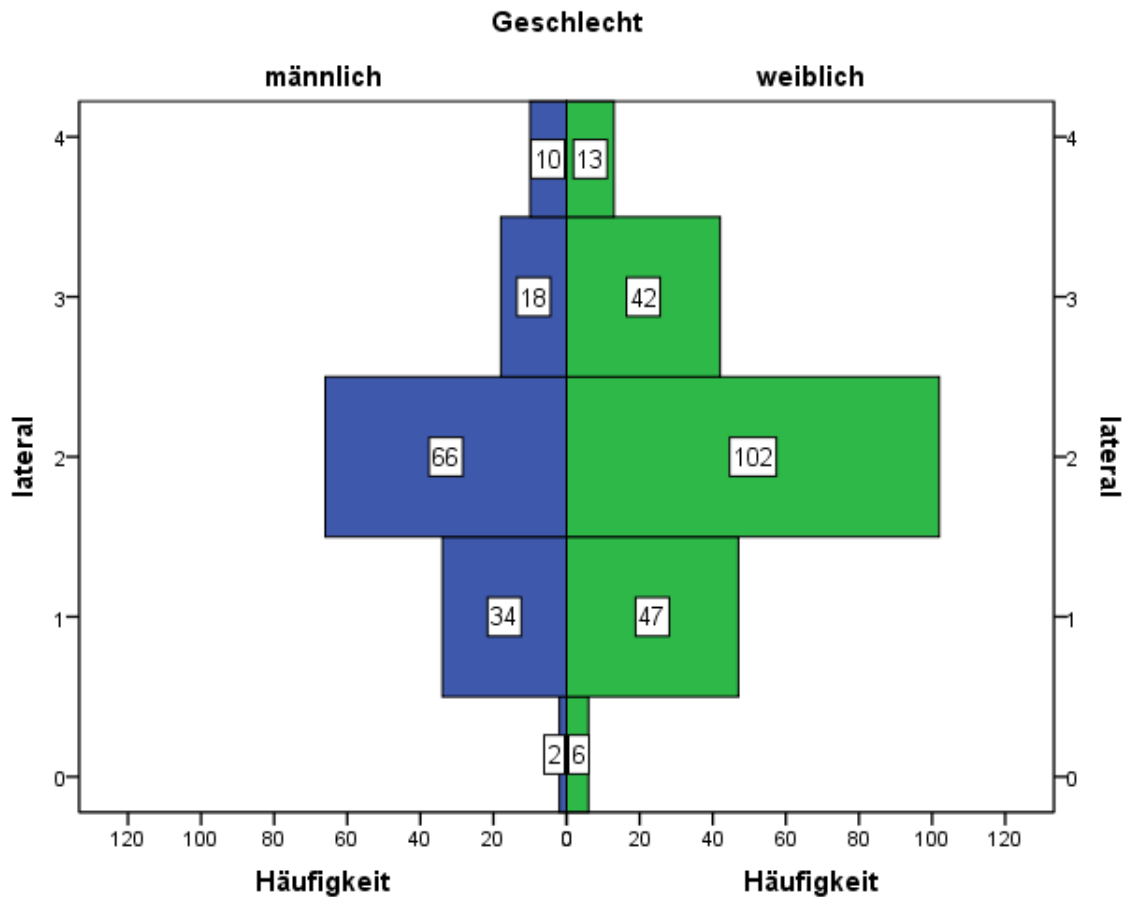


Abbildung 18. Arthrosegrade nach Kellgren und Lawrence im lateralen Kompartiment.

Für das femoropatellare Kompartiment ergaben sich folgende Werte:

- 18 Kniegelenke mit Arthrosegrad 4 (13 weibliche und 5 männliche)
- 73 Kniegelenke mit Arthrosegrad 3 (51 weibliche und 22 männliche)
- 188 Kniegelenke mit Arthrosegrad 2 (114 weibliche und 74 männliche)
- 38 Kniegelenke mit Arthrosegrad 1 (16 weibliche und 22 männliche)
- 2 männliche Kniegelenke ohne erkennbare arthrotische Veränderungen (siehe Abbildung 19)

Im femoropatellaren Kompartiment betrug der mittlere Arthrosegrad für beide Geschlechter 2,21 (SD 0,75). Im weiblichen Kollektiv betrug der retropatellare Arthrosegrad im Mittel 2,31 (SD 0,72), im männlichen Kollektiv nur 2,05 (SD 0,76). Der Unterschied zwischen den Geschlechtern in Bezug auf den Arthrosegrad war im femoropatellaren Kompartiment signifikant (Mann-Whitney-Test, $p = 0,002$). (siehe Tabelle 2)

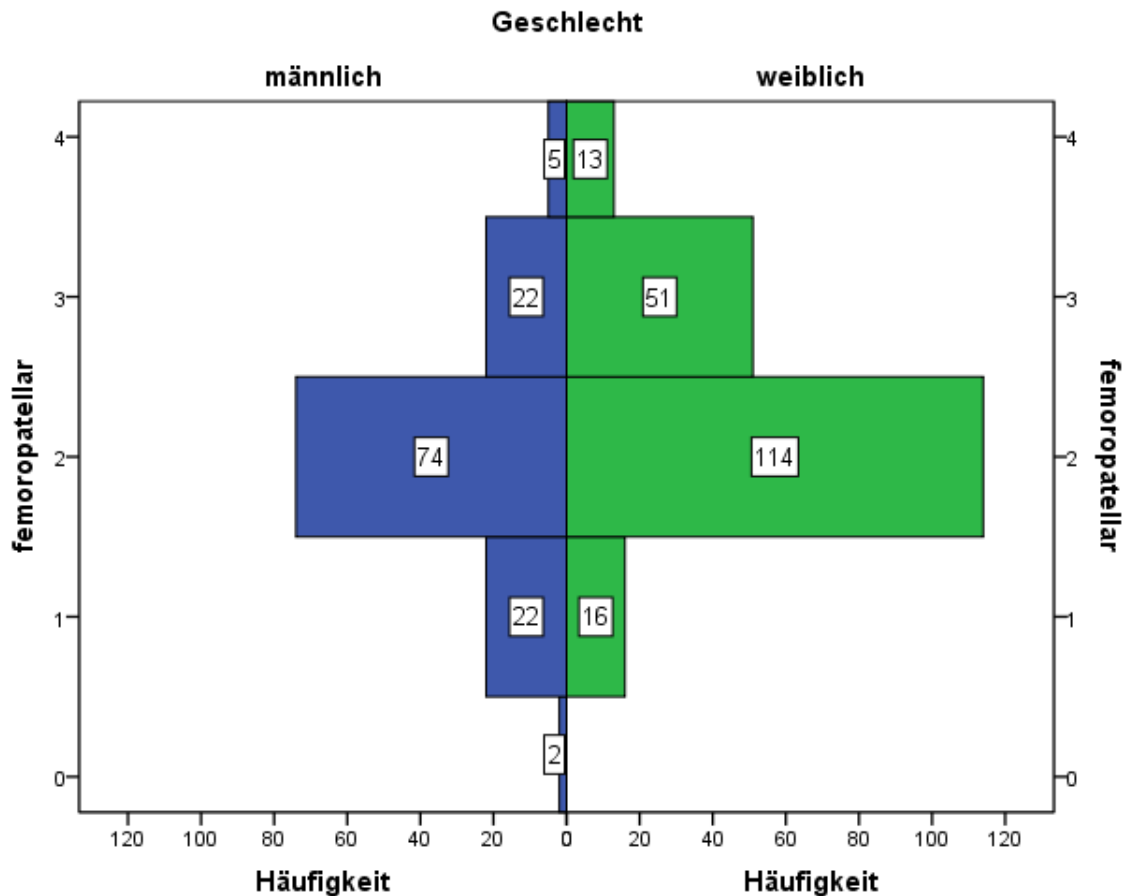


Abbildung 19. Arthrosegrade nach Kellgren und Lawrence retropatellar.

3.2.2 Arthrosegrade zum Lesezeitpunkt 2

Zum 2. Lesezeitpunkt war der Unterschied der beiden Geschlechter in Bezug auf die präoperativen Arthrosegrade im medialen (Mann-Whitney-Test, $p = 0,906$) und im lateralen Kompartiment (Mann-Whitney-Test, $p = 0,441$) nicht signifikant. Nur im femoropatellaren Kompartiment konnte auch in der zweiten Lesung ein signifikanter Unterschied zwischen den Geschlechtern festgestellt werden (Mann-Whitney-Test, $p = 0,014$). (siehe Tabelle 3)

Tabelle 3. Arthrosegrade nach Kellgren und Lawrence zum Lesezeitpunkt 2. Die Standardabweichung wird in eckigen Klammern angegeben.

Lokalisation	Gruppe (n = 340)	Männer (n = 130)	Frauen (n = 210)	p
Medial	2,94 [0,77]	2,95 [0,78]	2,93 [0,77]	0,906
Lateral	1,94 [0,91]	1,89 [0,89]	1,97 [0,93]	0,441
	Gruppe (n = 319)	Männer (n = 125)	Frauen (n = 194)	
Femoropatellar	2,31 [0,79]	2,17 [0,79]	2,40 [0,78]	0,014

3.2.3 Intraobserver-Variabilität

Es wurde die Korrelation zwischen den Mittelwerten des ersten Lesezeitpunktes und den Mittelwerten des zweiten Lesezeitpunktes berechnet.

Der Intraclass Correlation Coefficient (ICC) lag im medialen Kompartiment bei 0,774. Im lateralen Kompartiment betrug der ICC 0,708. Im femoropatellaren Kompartiment lag er bei 0,752. (siehe Tabelle 4) Dies entspricht einer beachtlichen, substantziellen Übereinstimmung der Messungen.

Tabelle 4. Intraobserver-Variabilität anhand des Intraclass Correlation Coefficient (ICC). Die Standardabweichung wird in eckigen Klammern angegeben.

Lokalisation	Mittelwerte zum Lesezeitpunkt 1	Mittelwerte zum Lesezeitpunkt 2	ICC
Medial	2,94 [0,75]	2,94 [0,77]	0,774
Lateral	2,03 [0,88]	1,94 [0,91]	0,708
Femoropatellar	2,21 [0,75]	2,31 [0,79]	0,752

3.2.4 Einfluss der Achsfehlstellung auf die vermessenen Winkel

Insgesamt wurden 303 Kniegelenke (186 weibliche und 117 männliche) vermessen. Davon konnte bei 95% (n = 288) eine Fehlstellung festgestellt werden. In der überwiegenden Mehrzahl der Fälle lag eine Varusfehlstellung vor (n = 242). Deutlich weniger Kniegelenke wiesen eine Valgusfehlstellung auf (n = 46). In dem untersuchten Kollektiv hatten nur 5% der Kniegelenke (n = 15) eine physiologische Stellung ($\alpha = 0^\circ$).

Die Daten für die PatientInnen mit Varusfehlstellungen werden in Tabelle 6 dargestellt. Es bestanden signifikante Unterschiede zwischen den beiden Gruppen (Varus und Neutral) in Bezug auf den Winkel α (Mann-Whitney-Test, $p < 0,001$), den Winkel β (Mann-Whitney-Test, $p = 0,020$), den Winkel δ (Mann-Whitney-Test, $p = 0,012$) und den Winkel δ' (Mann-Whitney-Test, $p < 0,001$).

Tabelle 5. Auswirkung einer Varusfehlstellung auf die vermessenen Winkel. Die Mittelwerte der Winkel werden in Winkelgraden angegeben. Die Standardabweichung wird in eckigen Klammern angegeben. Die Winkel α , β , δ und δ' verändern sich signifikant bei Vorliegen einer Varusfehlstellung.

Parameter	Neutral (n = 15)	Varus (n = 242)	p
α	0	7,31 [3,93]	< 0,001
β	5,33 [1,35]	6,10 [1,48]	0,020
δ	91,50 [2,11]	90,01 [2,53]	0,012
δ'	90,47 [1,85]	87,31 [2,65]	< 0,001

Die Daten für die PatientInnen mit Valgusfehlstellungen werden in Tabelle 7 dargestellt. Es bestanden signifikante Unterschiede zwischen den beiden Gruppen (Valgus und Neutral) in Bezug auf den Winkel α (Mann-Whitney-Test, $p < 0,001$) und den Winkel δ (Mann-Whitney-Test, $p = 0,004$).

Tabelle 6. Auswirkung einer Valgusfehlstellung auf die vermessenen Winkel. Die Mittelwerte der Winkel werden in Winkelgraden angegeben. Die Standardabweichung wird in eckigen Klammern angegeben. Die Winkel α und δ verändern sich signifikant bei Vorliegen einer Valgusfehlstellung.

Parameter	Neutral (n = 15)	Valgus (n = 46)	p
α	0	-7,41 [5,52]	< 0,001
β	5,33 [1,35]	5,39 [1,39]	0,660
δ	91,50 [2,11]	93,80 [2,91]	0,004
δ'	90,47 [1,85]	90,89 [2,45]	0,559

3.2.5 Korrelation von Geschlecht und Achsfehlstellung

Insgesamt zeigte sich bei 95% aller Frauen (n = 176) und bei 96% aller Männer (n = 112) eine Achsfehlstellung, d.h. eine Abweichung in den Varus bzw. in den Valgus.

Bei beiden Geschlechtern dominierten die Varusfehlstellungen. Unter den weiblichen Patientinnen mit Achsfehlstellungen (n = 176) wiesen 80% (n = 141) varische Kniegelenken auf. Unter den Männern (n = 112) waren dies 90% (n = 101). Demgegenüber waren Valgusfehlstellungen mit 10% (n = 11) im männlichen wesentlich seltener als 20% (n = 35) im weiblichen Kollektiv. In der valgischen Gruppe überwogen die Frauen (siehe Abbildung 20 und 21).

Die Geschlechterunterschiede waren in Bezug auf die Achsfehlstellungen signifikant (Chi-Quadrat-Test, p = 0,024).

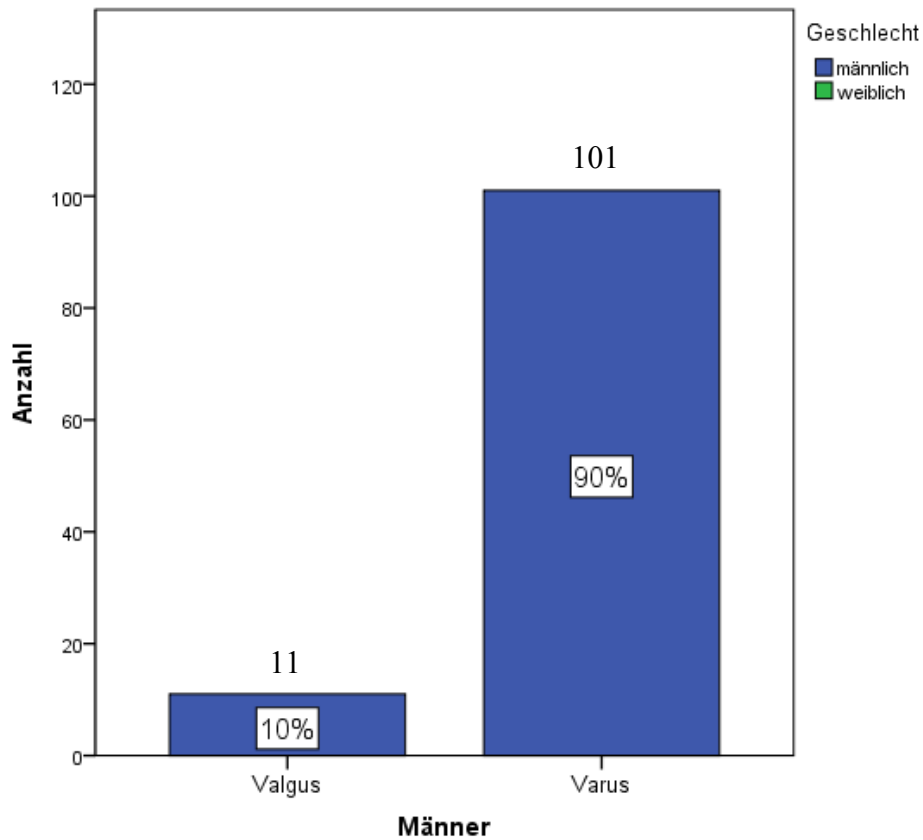


Abbildung 20. Verteilung der Fehlstellungen beim männlichen Geschlecht (n = 112).

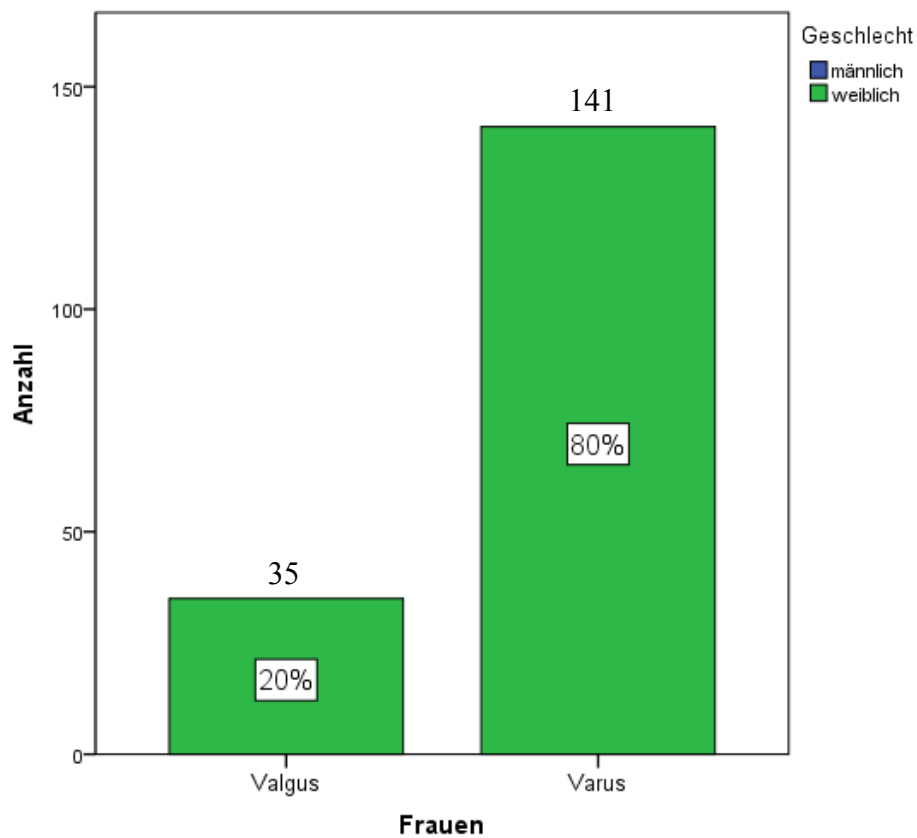


Abbildung 21. Verteilung der Fehlstellungen beim weiblichen Geschlecht (n = 176).

Die Ausprägung der Fehlstellungen betreffend dominierten tendenziell sowohl in der varischen als auch in der valgischen Gruppe die Männer (siehe Tabelle 8): So betrug der Mittelwert der vermessenen Varusstellungen in der weiblichen Gruppe α $7,01^\circ$ (SD 3,98) bei einem Median von 6,44 (1 bis 19). In der männlichen Gruppe lag der Mittelwert von α mit $7,72^\circ$ (SD 3,84) bei einem Median von 7,04 (1 bis 19) geringfügig höher. Der Unterschied war jedoch nicht signifikant (Mann-Whitney-Test, $p = 0,114$). In der Gruppe der valgischen Kniegelenke wiesen Frauen einen Mittelwerte von α $-7,14^\circ$ (SD 5,11) auf bei einem Median von -6 (-17 bis -1). Bei Männern war die mittlere Valgusfehlstellung geringfügig ausgeprägter mit einem Mittelwert von α $-8,27^\circ$ (SD 6,87) bei einem Median von -5 (-18 bis -1). Der Unterschied war jedoch ebenfalls nicht signifikant (t-Test, $p = 0,559$).

Tabelle 7. Geschlechterspezifische Ausprägung des Winkels α bei Varus bzw. Valgusfehlstellung. Die Mittelwerte der Winkel werden in Winkelgraden angegeben. Die Standardabweichung wird in eckigen Klammern angegeben.

Parameter	Männer (n = 101)	Frauen (n = 141)	p
α_{varus}	7,72 [3,84]	7,01 [3,98]	0,114
	Männer (n = 11)	Frauen (n = 35)	p
α_{valgus}	-8,27 [6,87]	-7,14 [5,11]	0,559

Analog zu den höheren Fehlstellungsmaßen zeigten Männer verglichen mit Frauen eine signifikante Veränderung des proximalen tibialen Gelenkwinkels δ' (Mann-Whitney-Test, $p = 0,001$) (siehe Tabelle 8). Dieser mechanische Gelenksflächenwinkel δ' betrug im Mittel $88,01^\circ$ (SD 2,94). Bei den Frauen lag der Winkel bei $88,47^\circ$ (SD 2,77). In der Gruppe der Männer war δ' mit $87,26^\circ$ (SD 3,04) kleiner. Demgegenüber war der distale femorale Gelenkwinkel δ nicht signifikant alteriert (Mann-Whitney-Test, $p = 0,225$). Er betrug im Mittel $90,66^\circ$ (SD 2,9). Beim weiblichen Geschlecht lag er bei $90,85^\circ$ (SD 2,95), beim männlichen betrug δ $90,35^\circ$ (SD 2,81) (siehe Tabelle 8).

Tabelle 8. Vermessene Winkel in Abhängigkeit vom Geschlecht. Die Mittelwerte der Winkel werden in Winkelgraden angegeben. Die Standardabweichung wird in eckigen Klammern angegeben.

Parameter	Gruppe (n = 303)	Männer (n = 117)	Frauen (n = 186)	p
β	5,95 [1,49]	6,19 [1,48]	5,81 [1,48]	0,048
δ	90,66 [2,9]	90,35 [2,81]	90,85 [2,95]	0,225
δ'	88,01 [2,94]	87,26 [3,04]	88,47 [2,77]	0,001

Für die Abweichung zwischen anatomischer und mechanischer Femurachse, ausgedrückt im Winkel β , zeigten sich knapp signifikante Unterschiede zwischen den Geschlechtern (Mann-Whitney-Test, $p = 0,048$): Der Winkel β zwischen mechanischer und anatomischer Femurachse lag insgesamt bei $5,95^\circ$ (SD 1,49). Im weiblichen Kollektiv betrug der Mittelwert von β $5,81^\circ$ (SD 1,48), bei den Männern waren es $6,19^\circ$ (SD 1,48).

3.3 Korrelation von Achsfehlstellungen und Ausprägung der Arthrose

Der mittlere Arthrosegrad nach Kellgren und Lawrence betrug für das mediale Kompartiment ohne Auftrennung nach Geschlecht bei valgischen Gelenken 2,20 (SD 0,54). Bei varischen Gelenken lag dieser Wert bei 3,12 (SD 0,67). Der Unterschied zwischen der Valgus- und der Varusgruppe war in Bezug auf den medialen Arthrosegrad hochsignifikant (Mann-Whitney-Test, $p < 0,001$) (siehe Abbildung 22).

Eine Varusstellung im Kniegelenk ($\alpha > 0^\circ$) korrelierte somit hochsignifikant mit einer vermehrten medialen Arthrose ($p = 0,001$; $r = 0,209$).

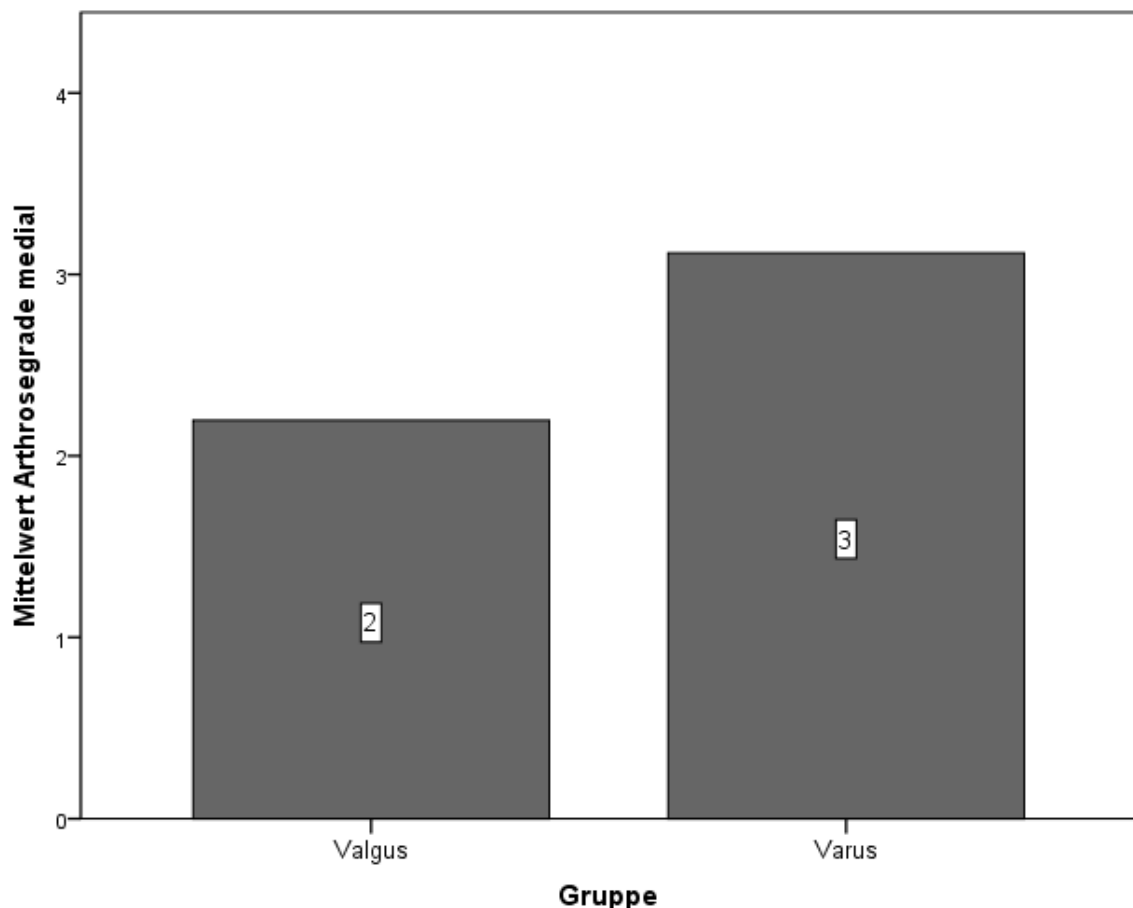


Abbildung 22. Korrelation von Fehlstellung und medialer Arthrose. Eine Varusfehlstellung korrelierte signifikant mit einer stärker ausgeprägten medialen Arthrose.

Der mittlere Arthrosegrad betrug für das laterale Kompartiment in der Gruppe der valgischen Gelenke 2,61 (SD 1,06). In der Gruppe der varischen Gelenke lag er deutlich darunter bei 1,90 (SD 0,78). Dieser Unterschied war ebenfalls hochsignifikant (Mann-Whitney-Test, $p < 0,001$) (siehe Abbildung 23).

Es bestand somit eine signifikante Korrelation zwischen einer Valgusfehlstellung ($\alpha < 0^\circ$) und einer vermehrten lateralen Arthrose ($p = 0,001$; $r = -0,47$).

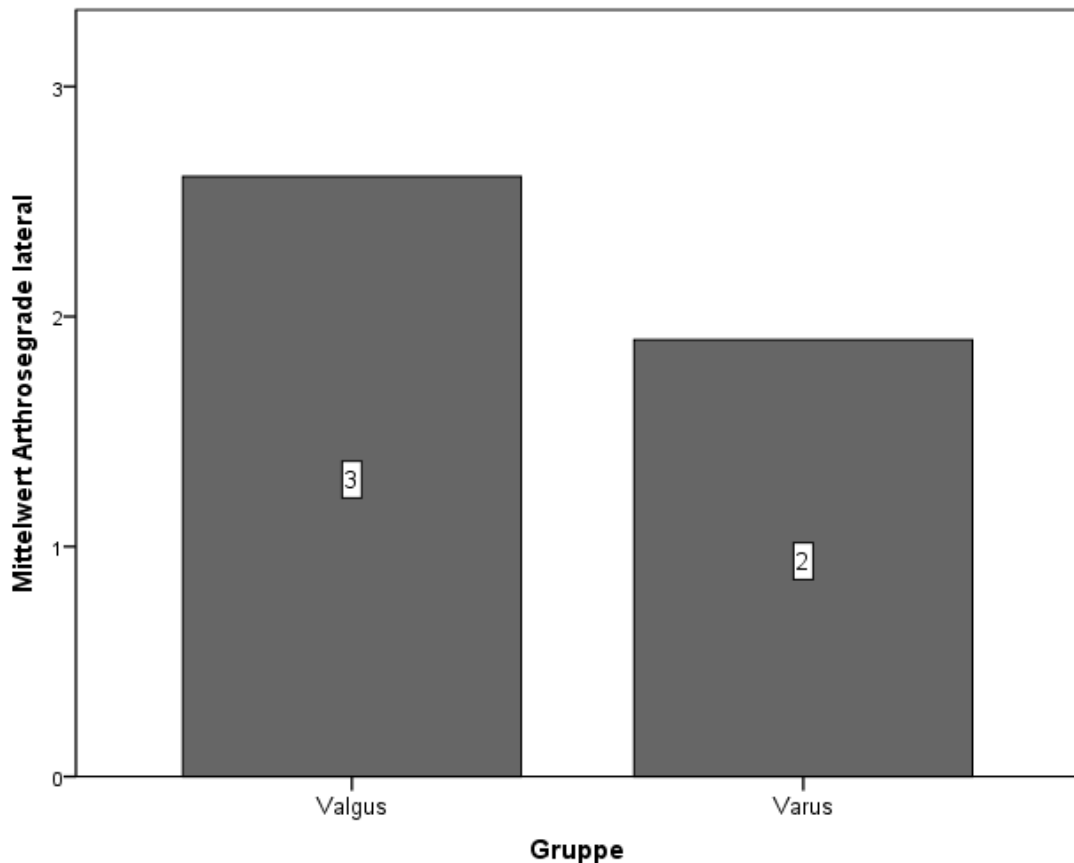


Abbildung 23. Korrelation von Fehlstellungen und lateraler Arthrose. Die lateralen Arthrosegrade sind in der Valgusgruppe signifikant höher.

4 Diskussion

Unser Kollektiv zur Bestimmung der Arthrosegrade umfasste im gewählten Einschlusszeitraum 340 Kniegelenke von 302 PatientInnen, welche sich vor dem endoprothetischen Kniegelenksersatz befanden. Davon waren 130 (38%) männlich und 210 (62%) weiblich. Kniegelenke von Frauen überwogen somit deutlich mit einer Differenz von 24%. Zusätzlich bedingen beide Faktoren, für welche kontrolliert wurde (Alter und BMI) per se einen Anstieg in der Arthroseprävalenz bei Frauen, was diese Tendenz noch wesentlich verstärkt. (5)(11)(16) Daraus kann abgeleitet werden, dass die Prävalenz einer fortgeschrittenen Gonarthrose auch im Raum Graz für Frauen höher zu sein scheint.

Die Gruppenvergleichbarkeit bezüglich des Alters und des BMI war innerhalb der gewählten Einschlusskriterien gegeben, wobei trotz des Fehlens signifikanter Unterschiede Frauen einen tendenziell höheren BMI ($0,56 \text{ kg/m}^2$) aufwiesen. Dieser Umstand bestätigt die Annahme wonach der BMI bei Frauen größer zu sein scheint als bei Männern, was nicht zuletzt zu den beobachteten Unterschieden in der Gonarthroseprävalenz bei Frauen beitragen dürfte. (16)

Das Alter der eingeschlossenen PatientInnen betrug im Mittel 68,61 Jahre. Im weiblichen Kollektiv betrug das mittlere Alter 68,64 Jahre. Im männlichen Kollektiv waren es 68,56 Jahre. Bezogen auf das Alter beschrieben andere AutorInnen, welche sich ebenfalls mit Geschlechterunterschieden vor Erhalt einer Knieendoprothese befasste, ähnliche Werte. Bei MacDonald et. al. (2008) z.B. lag das mittlere Alter der Frauen bei 69 Jahren und jenes der Männer bei 68,5 Jahren. (56). Damit ist unsere Untersuchung gut mit anderen Arbeiten zu dieser Thematik vergleichbar.

In mehreren Studien zeigte sich, dass Frauen eine höhere Inzidenz und Prävalenz der Gonarthrose aufwiesen als Männer. (9)(11) So beschrieben z. B. Parsley et. al. 2010 in ihrer Arbeit bei Frauen eine höhere funktionelle Einschränkung und ein fortgeschritteneres Arthroestadium vor dem endoprothetischen Kniegelenksersatz. (57)

Aufbauend auf einer Pilotstudie von Dr. Pongratz (2012), welcher in einem kleinen Kollektiv ($n = 92$) keine signifikanten Geschlechterunterschiede in der präoperativen Gonarthroseausprägung erkennen konnte, analysierten wir anhand einer größeren

PatientInnenanzahl (n = 340) an präoperativen nativen Röntgenaufnahmen von Kniegelenken vor dem totalendoprothetischen Gelenksersatz, ob geschlechtsspezifische Unterschiede bezüglich der Arthrosegrade im Raum Graz vorhanden sind. (41)

Die Bestimmung der Arthrosegrade erfolgte durch einen Begutachter zu zwei Lesungszeitpunkten. Damit konnte die Interobserver-Variabilität bestimmt werden. Für alle Kompartimente ergab sich in dieser Studie eine gute Reliabilität der beiden Lesungen mit einer beachtlichen, substanziellen Übereinstimmung. Demnach ist nach unserer Meinung nicht nur die radiologische Beurteilung der Arthrosegrade durch nativradiologische Röntgenaufnahmen zulässig, sondern auch reproduzierbar.

Beide Messungen ergaben bezüglich der Arthrosegrade der einzelnen Kompartimente bei den beiden Geschlechtern ein vergleichbares Ergebnis. Nur das retropatellare Kompartiment bei Frauen wies signifikant höhere Arthrosegrade auf.

Die Ursache für die in unserem Kollektiv festgestellte, signifikant weiter fortgeschrittene Retropatellararthrose bei Frauen dürfte in einer vermehrten Lateralisation der Patella liegen, wenngleich die patellare Lateralisation und deren potenzielle Ursachen nicht Gegenstand der vorliegenden Studie waren und somit aus den vorliegenden Daten nicht zweifelsfrei abzuleiten sind. (58) Gründe für eine vermehrte Lateralisation der Patella sind vielfältig und umfassen Achsabweichungen in den Valgus, eine vermehrte femorale Innenrotation bzw. einen erhöhten Q-Winkel. (53)(54)(59)

Anhand unseres Kollektivs bestätigte sich, dass bei Frauen vermehrt Valgusfehlstellungen auftreten, was die Hypothese einer vermehrten patellaren Lateralisation bei Frauen unterstützt.

Betreffend den Q - Winkel, welcher in unserer Arbeit nicht bestimmt wurde, kann festgehalten werden, dass ein größerer Q - Winkel einen stärkeren Zug des lateralen Anteils des M. quadrizeps femoris auf die Patella verursacht. Mit größer werdendem Q - Winkel erhöht sich demnach der Anpressdruck auf den lateralen Anteil der Patella und führt in diesem Bereich zu einer stärkeren mechanischen Abnutzung. Frauen sind durchschnittlich kleiner und haben ein breiteres Becken als Männer. Dadurch ist der Q - Winkel bei Frauen im Durchschnitt größer als bei Männern. Frauen haben einen größeren Q-Winkel, welcher eine vermehrte Lateralisation der Patella bedingt und damit die verstärkte retropatellare Abnutzung erklären könnte. (53)(54)(55)

Die detaillierte Beurteilung der retropatellaren Arthrose unter separater Berücksichtigung der medialen und der lateralen Patellafacette bzw. die Bestimmung des Q-Winkels im Zuge einer geplanten Folgearbeit werden zweifelsfrei zur Klärung der Ursachen des beobachteten Geschlechterunterschiedes betreffend die Retropatellararthrose beitragen.

Zusätzlich zur Erhebung der präoperativen Arthrosegrade wurden anhand der nativradiologischen Aufnahmen das Alignment sowie relevante Gelenkwinkel bestimmt. Poilvache et al. (1996) beschrieben signifikante Unterschiede zwischen den Geschlechtern in Bezug auf präoperative Achsabweichungen in den Varus oder den Valgus. Männer hatten laut dieser Studie signifikant stärkere Achsabweichungen als Frauen. (49) In unserer Studie kamen wir zu ähnlichen Ergebnissen. In unserem Kollektiv hatten Männer tendenziell größere Varusstellung als Frauen und dadurch bedingt stärkere Einbrüche des medialen Tibiaplateaus, was durch einen signifikant kleineren tibialen Gelenksflächenwinkel δ' ausgedrückt wird. (60)

Parsley et. al. (2010) bzw. McDonald et. al. (2008) führen bei Frauen häufiger Valgusstellungen an als bei Männern. (56)(57) In unserem Kollektiv waren ebenfalls signifikant mehr Frauen als Männer von einer Valgusstellung betroffen, wenngleich sich das Ausmaß der Fehlstellungen nicht signifikant zwischen den Geschlechtern unterschied.

In Bezug auf die Differenz zwischen mechanischer und anatomischer Femurachse zeigten sich ebenfalls signifikante Unterschiede sowohl zwischen den Geschlechtern, als auch bei Vorliegen einer Achsabweichung in den Varus. Diese Signifikanz war für die Valgusfehlstellung nicht gegeben, was in einer deutlich geringeren PatientInnenanzahl in der Valgusgruppe liegen dürfte.

Betreffend die mechanischen Gelenksflächenwinkel kann festgehalten werden, dass sich sowohl der femorale Gelenksflächenwinkel δ , als auch der tibiale Gelenksflächenwinkel δ' bei Vorliegen einer Achsabweichung in den Varus signifikant verkleinerte. Diese Signifikanz konnte trotz der geringen Fallzahl in der Vergleichsgruppe mit orthograde Beinachse erzielt werden. Die Varusstellung, welche bei der überwiegenden Mehrzahl der eingeschlossenen Kniegelenke (80%) vorlag, bedingt eine Verschiebung der mechanischen Belastungsachse nach medial und dadurch eine Abflachung der medialen Femurkondylen und des medialen Tibiaplateaus, welche die beobachtete Verkleinerung der genannten Winkel zur Folge hat. (49)(60)

Bei Vorliegen einer Valgusfehlstellung war der femorale Gelenkwinkel δ gegenüber der Neutralgruppe signifikant vergrößert, was durch eine Abflachung der lateralen Femurkondylen erklärt werden kann. (60) Da Frauen, wie bereits dargelegt, häufiger eine Valgusstellung aufwiesen als Männer, war der Winkel δ' im Kollektiv der Frauen durchschnittlich größer als in jenem der Männer.

Der femorale Gelenksflächenwinkel δ' war im Gegensatz dazu jedoch nicht signifikant verändert, was wahrscheinlich durch die verglichen mit der Varusgruppe kleinere Anzahl der Kniegelenke in Valgusstellung bedingt ist.

Bereits Sharma et al. (2001) beschrieben, dass eine Varusstellung eine Arthroseprogression im medialen Kompartiment verstärkt und, dass andererseits eine Valgusstellung das Fortschreiten einer lateralen Arthrose beschleunigt. (15)

Auch in unserem Kollektiv zeigte sich dieser bekannte Zusammenhang. Die medialen Arthrosegrade waren bei Kniegelenken in Varusstellung signifikant höher als jene in der Valgusgruppe. Umgekehrt waren in der Valgusgruppe die lateralen Arthrosegrade signifikant höher als jene in der Varusgruppe (siehe Abbildung 22 und 23).

Ein größer werdender Winkel α und damit eine zunehmende Achsfehlstellung in den Varus korrelierte somit signifikant mit einer Zunahme der medialen Arthrose ($p = 0,001$; $r = 0,209$). Umgekehrt korrelierte ein kleiner werdender Winkel α , d.h. eine zunehmende Valgusfehlstellung, signifikant mit höheren Arthrosegraden im lateralen Kompartiment ($p = 0,001$; $r = -0,47$).

Da sich die Mehrzahl der untersuchten Kniegelenke (80%) in Varusstellung befand, zeigten sich im medialen Kompartiment verglichen mit dem lateralen Kompartiment im Mittel um knapp eine Stufe weiter fortgeschrittenere Arthrosegrade nach Kellgren und Lawrence. (27) Nachdem Männer häufiger Varusstellungen aufwiesen, sind sie auch häufiger von medial betonten Arthrosen betroffen als Frauen. Im Gegensatz dazu hatten Frauen häufiger Valgusstellungen als Männer und leiden daher vermehrt unter lateralen Arthrosen.

Zusammenfassend kann somit festgehalten werden, dass wir in unserer Studie im Raum Graz in den lasttragenden Kompartimenten (medial und lateral) keine geschlechterspezifischen Unterschiede hinsichtlich der präoperativen Arthrosegrade nach Kellgren und Lawrence (1957) feststellen konnten. (27) Im retropatellaren Kompartiment

bestand hingegen sehr wohl ein signifikanter Unterschied zwischen den Geschlechtern. Frauen wiesen retropatellar signifikant höhere Arthrosegrade auf als Männer. Die Ursache hierfür konnte im Rahmen dieser Untersuchung nicht zur Gänze geklärt werden, dürfte jedoch in einer vermehrten Lateralisation der Patella liegen, was in weiteren Studien untersucht werden soll.

Die Ausmessungen der Röntgenbilder zeigten, dass Frauen, wie bereits in anderen Studien beschrieben, vermehrt eine Valgusstellung im Kniegelenk aufwiesen und Männer tendenziell stärkere Varusstellungen hatten. Zusätzlich bestand die bereits bekannte Korrelation von medialer und lateraler Arthrose mit Varus- bzw. Valgusfehlstellungen.

Limitierende Faktoren

Zur Bestimmung der Arthrosegrade wurde die Klassifizierung von Kellgren und Lawrence (1957) herangezogen. (27) Wenngleich alt, ist diese Methode zur nativradiologischen Beurteilung der Arthrosegrade jedoch international etabliert, obwohl die Beurteilung subjektiv ist, und die Ergebnisse zwischen ein und demselben und zwischen verschiedenen UntersucherInnen stark variieren können. Die Definition der Arthrosegrade in der Originalarbeit von Kellgren und Lawrence (1957) ist nicht exakt und lässt Spielraum für individuelle Interpretationsmöglichkeiten. (27)(61) In Kenntnis dieser Faktoren wurden basierend auf Empfehlungen von Kellgren und Lawrence (1957) vor Begutachtung der nativradiologischen Bilder diesbezügliche Kriterien festgelegt (siehe Einleitung Kapitel 1.6 „Arthrosegrade nach Kellgren und Lawrence 1957“) und die verblindete Beurteilung durch einen in der muskuloskelettalen Befundung erfahrenen Radiologen vorgenommen. (27) Damit konnten, wie aus der angeführten Intraobserver-Reliabilität hervorgeht, gut reproduzierbare Ergebnisse erzielt werden.

Die Ganzbeinaufnahmen der PatientInnen wurden ausgedruckt und die Winkel anschließend händisch vermessen. Wenngleich vor Studienbeginn eine exakte Festlegung der Vermessungskriterien anhand hochrangiger Publikationen erfolgte, wurde die Vermessung durch die begrenzte Qualität der Ausdrücke teilweise erschwert. Zusätzlich wurden die Bilder nur einmal vermessen, wodurch ein Intraobserver Bias nicht ausgeschlossen werden kann.

In unserer Studie wurde bei der Bestimmung der Retropatellararthrose nicht zwischen dem medialen und lateralen Anteil des femoropatellaren Kompartimentes unterschieden.

Dadurch kann nicht mit Sicherheit festgestellt werden, ob der erhöhte retropatellare Arthrosegrad bei Frauen durch eine vermehrte Lateralisation der Patella mit konsekutiver lateral betonter Arthrose bedingt ist. (53)(54) Dies wäre in Übereinstimmung mit der bestehenden Literatur und kann basierend auf unseren Daten nur vermutet werden. Die Klärung dieser Fragen stellt einen interessanten Ansatz für Folgestudien dar.

5 *Literaturverzeichnis*

1. Schünke M, Schulte E, Schumacher U. Prometheus. 2. ed. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 2007.
2. Platzer W. Taschenatlas Anatomie. 9. ed. Georg Thieme Verlag; 2005.
3. Fanghänel J, Pera F, Anderhuber F, Nitsch R. Waldeyer Anatomie des Menschen. 18. ed. Berlin: Walter de Gruyter GmbH & Co. KG; 2009.
4. Wirth CJ, Mutschler W. Praxis der Orthopädie und Unfallchirurgie. 2. ed. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 2009.
5. Felson DT, Lawrence RC, Dieppe PA, Hirsch R, Helmick CG, Jordan JM, et al. Osteoarthritis: New Insights. Part 1: The Disease and Its Risk Factors. *Ann Intern Med*. 2000 Oct 17;133(8):635–46.
6. Felson DT, Zhang Y. An update on the epidemiology of knee and hip osteoarthritis with a view to prevention. *Arthritis Rheum*. 1998 Aug;41(8):1343–55.
7. Müller-Hilke B. Zur Pathogenese der Arthrose – eine Momentaufnahme. *Zeitschrift für Rheumatologie*. 2007 Nov 11;66(8):703–5.
8. Martin JA, Buckwalter JA. Roles of Articular Cartilage Aging and Chondrocyte Senescence in the Pathogenesis of Osteoarthritis. *The Iowa Orthopaedic Journal*. 2001;21:1.
9. 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 and Cartilage*. 2005 Sep;13(9):769–81.
10. Zhang Y, Jordan JM. Epidemiology of Osteoarthritis. *Clinics in Geriatric Medicine*. 2010 Aug;26(3):355–69.
11. Felson DT. The epidemiology of knee osteoarthritis: Results from the framingham osteoarthritis study. *Seminars in Arthritis and Rheumatism*. 1990 Dec;20(3, Supplement 1):42–50.
12. Spector TD, Cicuttini F, Baker J, Loughlin J, Hart D. Genetic influences on osteoarthritis in women: a twin study. *BMJ*. 1996 Apr 13;312(7036):940–3.
13. Nelson AE, Golightly YM, Renner JB, Schwartz TA, Kraus VB, Helmick CG, et al. Brief report: differences in multijoint symptomatic osteoarthritis phenotypes by race and sex: the Johnston County Osteoarthritis Project. *Arthritis Rheum*. 2013 Feb;65(2):373–7.
14. Graf R. The use of ultrasonography in developmental dysplasia of the hip. *Acta Orthop Traumatol Turc*. 2004 Jul 23;41(0):6–13.
15. Sharma L SJ. THE role of knee alignment in disease progression and functional decline in knee osteoarthritis. *JAMA*. 2001 Jul 11;286(2):188–95.

16. Janssen I, Mark AE. Separate and combined influence of body mass index and waist circumference on arthritis and knee osteoarthritis. *International Journal of Obesity*. 2006;30(8):1223–8.
17. Lüllmann-Rauch R. *Histologie*. 2. ed. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 2006.
18. Erlacher L, Graninger W, Luyten F, Smolen J, Ulrich R. Zellbiologie des Chondrozyten im Hinblick auf die Arthroseentstehung: Rolle der knorpelspezifischen Wachstumsfaktoren Cartilage-Derived Morphogenetic Proteins. *Journal für Mineralstoffwechsel*. 1999 Jan 1;6(2):6–10.
19. Wagner E. Direkte Kosten der fortgeschrittenen Cox- und Gonarthrose in Österreich. *Wiener Medizinische Wochenschrift*. 2011 Jan;161(1-2):44–52.
20. Scheipl S. Gender-Unterschiede in der Orthopädie, Eine Einführung. In: Scheipl S, Rasky E. *Gender-Unterschiede in der Orthopädie*. Wien: Facultas Verlags- und Buchhandels AG; 2012. p. 67–112.
21. Garstang SV, Stitik TP. Osteoarthritis: epidemiology, risk factors, and pathophysiology. *Am J Phys Med Rehabil*. 2006 Nov;85(11 Suppl):S2–11; quiz S12–14.
22. Petersson IF. Occurrence of osteoarthritis of the peripheral joints in European populations. *Ann. Rheum. Dis*. 1996 Sep;55(9):659–61.
23. Peat G, McCarney R, Croft P. Knee pain and osteoarthritis in older adults: a review of community burden and current use of primary health care. *Ann Rheum Dis*. 2001 Feb 1;60(2):91–7.
24. Saase JL van, Romunde LK van, Cats A, Vandenbroucke JP, Valkenburg HA. Epidemiology of osteoarthritis: Zoetermeer survey. Comparison of radiological osteoarthritis in a Dutch population with that in 10 other populations. *Annals of the Rheumatic Diseases*. 1989 Apr;48(4):271.
25. Murphy L, Schwartz TA, Helmick CG, Renner JB, Tudor G, Koch G, et al. Lifetime risk of symptomatic knee osteoarthritis. *Arthritis Care & Research*. 2008;59(9):1207–13.
26. Wirth CJ, Jäger M. *Praxis der Orthopädie Band II*. 3. ed. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 2001.
27. Kellgren JH, Lawrence JS. Radiological Assessment of Osteo-Arthrosis. *Ann Rheum Dis*. 1957 Dec;16(4):494–502.
28. Dahmer J. *Anamnese und Befund*. Georg Thieme Verlag; 2006.
29. Buckup K. *Klinische Tests an Knochen, Gelenken und Muskeln*. 4. ed. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 2009.
30. Wirth CJ, Jäger M. *Praxis der Orthopädie*. 3. ed. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 2001.

31. Michael JW-P, Schlüter-Brust KU, Eysel P. The Epidemiology, Etiology, Diagnosis, and Treatment of Osteoarthritis of the Knee. *Dtsch Arztebl Int.* 2010 Mar;107(9):152–62.
32. Jordan KM, Arden NK, Doherty M, Bannwarth B, Bijlsma JWJ, Dieppe P, et al. EULAR Recommendations 2003: an evidence based approach to the management of knee osteoarthritis: Report of a Task Force of the Standing Committee for International Clinical Studies Including Therapeutic Trials (ESCISIT). *Ann Rheum Dis.* 2003 Dec 1;62(12):1145–55.
33. Jones A, Doherty M. Intra-articular corticosteroids are effective in osteoarthritis but there are no clinical predictors of response. *Ann. Rheum. Dis.* 1996 Nov;55(11):829–32.
34. Mazzuca SA, Brandt KD, Katz BP, Hanna MP, Melfi CA. Reduced utilization and cost of primary care clinic visits resulting from self-care education for patients with osteoarthritis of the knee. *Arthritis Rheum.* 1999 Jun;42(6):1267–73.
35. Gaffney K, Ledingham J, Perry JD. Intra-articular triamcinolone hexacetonide in knee osteoarthritis: factors influencing the clinical response. *Ann. Rheum. Dis.* 1995 May;54(5):379–81.
36. Tohyama H, Yasuda K, Kaneda K. Treatment of osteoarthritis of the knee with heel wedges. *Int Orthop.* 1991;15(1):31–3.
37. Bischoff H-P, Heisel J, Locher H. *Praxis der konservativen Orthopädie.* Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 2007.
38. Moseley JB, O'Malley K, Petersen NJ, Menke TJ, Brody BA, Kuykendall DH, et al. A controlled trial of arthroscopic surgery for osteoarthritis of the knee. *N. Engl. J. Med.* 2002 Jul 11;347(2):81–8.
39. Schneider U, Breusch S, Von der Mark K. Aktueller Stellenwert der autologen Chondrozytentransplantation. *Zeitschrift für Orthopädie und Unfallchirurgie.* 2008 Mar 18;137(05):386–92.
40. Steadman JR, Rodkey WG, Briggs KK, Rodrigo JJ. [The microfracture technic in the management of complete cartilage defects in the knee joint]. *Orthopade.* 1999 Jan;28(1):26–32.
41. Pongratz P. Bestehen arthrosegradassoziierte Geschlechtsunterschiede hinsichtlich präoperativer objektiver und subjektiver Scores vor dem endoprothetischen Kniegelenkersatz? [Graz]: Medizinische Universität Graz; 2012.
42. 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 Apr 6;342(14):1016–22.
43. Reiser M, Kuhn F-P, Debus J. *Duale Reihe, Radiologie.* 2. ed. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 2006.
44. Kauffmann GW, Moser E, Sauer R. *Radiologie.* 3. ed. Elsevier, Urban&FischerVerlag; 2006.

45. Hepp R, Debrunner R. Orthopädisches Diagnostikum. Georg Thieme Verlag; 2004.
46. Paley D, Pfeil J. Prinzipien der kniegelenknahen Deformitätenkorrektur. *Der Orthopäde*. 2000 Jan 25;29(1):18–38.
47. Liener UC, Strecker W, Suger G, Kinzl L. Die physiologischen Achsenverhältnisse der unteren Extremität. In: Strecker DW, Keppeler DP, Kinzl PDL, editors. *Posttraumatische Beindeformitäten* [Internet]. Springer Berlin Heidelberg; 1997 [cited 2013 Apr 21]. p. 71–4. Available from: http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-60727-1_9
48. Kohn D, Wirth CJ, Zichner L, editors. *Orthopädie und orthopädische Chirurgie. Knie*. Georg Thieme Verlag; 2005.
49. Poilvache PL, Insall JN, Scuderi GR, Font-Rodriguez DE. Rotational landmarks and sizing of the distal femur in total knee arthroplasty. *Clin. Orthop. Relat. Res*. 1996 Oct;(331):35–46.
50. Rödel R. AWMF/ Arbeitsgemeinschaft der wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften (2009). S1 Leitlinie Kniegelenksnahe Beinachsfehlstellung [Internet]. 2009. Available from: http://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/033-005_S1_Kniegelenksnahe_Beinachsfehlstellung_09-2009_09-2012.pdf
51. Jiang CC, Insall JN. Effect of rotation on the axial alignment of the femur. Pitfalls in the use of femoral intramedullary guides in total knee arthroplasty. *Clin. Orthop. Relat. Res*. 1989 Nov;(248):50–6.
52. Radtke K, Becher C, Noll Y, Ostermeier S. Effect of limb rotation on radiographic alignment in total knee arthroplasties. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*. 2009 Nov 7;130(4):451–7.
53. Hungerford DS, Barry M. Biomechanics of the patellofemoral joint. *Clin. Orthop. Relat. Res*. 1979 Oct;(144):9–15.
54. Mizuno Y, Kumagai M, Mattessich SM, Elias JJ, Ramrattan N, Cosgarea AJ, et al. Q-angle influences tibiofemoral and patellofemoral kinematics. *Journal of Orthopaedic Research*. 2001 Sep 1;19(5):834–40.
55. Guerra JP, Arnold MJ, Gajdosik RL. Q angle: effects of isometric quadriceps contraction and body position. *J Orthop Sports Phys Ther*. 1994 Apr;19(4):200–4.
56. MacDonald SJ, Charron KD, Bourne RB, Naudie DD, McCalden RW, Rorabeck CH. The John Insall Award: Gender-specific Total Knee Replacement: Prospectively Collected Clinical Outcomes. *Clinical Orthopaedics and Related Research*. 2008 Sep 18;466(11):2612–6.
57. Parsley BS, Bertolusso R, Harrington M, Brekke A, Noble PC. Influence of Gender on Age of Treatment with TKA and Functional Outcome. *Clinical Orthopaedics and Related Research®*. 2010 Apr 29;468(7):1759–64.
58. Arendt EA. Dimorphism and patellofemoral disorders. *Orthop. Clin. North Am*. 2006 Oct;37(4):593–9.

59. Hewett TE, Myer GD. The Mechanistic Connection between the Trunk, Knee, and ACL Injury. *Exercise and Sport Sciences Reviews*. 2011 Jul;1.
60. Cooke D, Scudamore A, Li J, Wyss U, Bryant T, Costigan P. Axial lower-limb alignment: comparison of knee geometry in normal volunteers and osteoarthritis patients. *Osteoarthr. Cartil.* 1997 Jan;5(1):39–47.
61. Schiphof D, Boers M, Bierma-Zeinstra SMA. Differences in descriptions of Kellgren and Lawrence grades of knee osteoarthritis. *Annals of the Rheumatic Diseases*. 2007 Oct 2;67(7):1034–6.

