

TECHNISCHE UNIVERSITÄT MÜNCHEN
Abteilung und Poliklinik für Sportorthopädie
am Klinikum rechts der Isar
(Vorstand: Univ.-Prof. Dr. A. Imhoff)

***Kreuzbandinsuffizienz und Varus-Gonarthrose: HTO alleine
oder kombiniert mit Bandrekonstruktion und ggf. OATS***

Julian Tobias Bruno Mehl

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät für Medizin der Technischen
Universität München zur Erlangung
des akademischen Grades eines Doktors der Medizin
genehmigten Dissertation.

Vorsitzender: Univ.-Prof. Dr. E. J. Rummeny

Prüfer der Dissertation:

1. apl. Prof. Dr. St. Hinterwimmer
2. Univ.-Prof. Dr. A. Imhoff

Die Dissertation wurde am 27.01.2014 bei der Technischen Universität
München eingereicht und durch die Fakultät für Medizin am 09.07.2014
angenommen.

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	4
1. Einleitung	5
2. Grundlagen	7
2.1. Anatomie des Kniegelenks	7
2.1.1. Knöcherne und knorpelige Strukturen	7
2.1.2. Kapsel-Band-Apparat	8
2.2. Pathophysiologie und Biomechanik	9
2.2.1. VKB-Ruptur	9
2.2.2. Gonarthrose	10
2.2.3. Genu varum	12
2.2.4. Tibialer Slope	14
2.3. Operative Therapiemöglichkeiten	15
2.3.1. Umstellungsosteotomie	15
2.3.1.1. Closed-wedge HTO	16
2.3.1.2. Open-wedge HTO	18
2.3.2. VKB-Rekonstruktion	20
2.3.2.1. Patellarsehnen-Transplantat	20
2.3.2.2. Hamstring-Transplantat	22
2.3.3. OATS-Therapie	24
3. Literatur	25
4. Material und Methoden	28
4.1. Patientenkollektiv	28
4.2. Klinische Parameter präoperativ	33
4.3. Nachuntersuchung	33
4.3.1. Anamnese, allgemeine Fragen und Scores	33
4.3.1.1. LYSHOLM-Score	34
4.3.1.2. WOMAC-Score	34
4.3.1.3. IKDC-Score	34
4.3.1.4. TEGNER-Aktivitäts-Score	35
4.3.2. Klinische Untersuchung	35
4.3.3. Maschinelle Untersuchung (KT2000™ Arthrometer)	37

4.3.4. Radiologische Untersuchung.....	39
4.3.4.1. Kellgren-Lawrence-Klassifikation	40
4.3.4.2. Beinachse	41
4.4. Statistik.....	42
5. Ergebnisse	44
5.1. Anamnese, allgemeine Fragen und Scores	44
5.1.1. Lysholm-Score	50
5.1.2. WOMAC-Score.....	51
5.1.3. IKDC-Score.....	53
5.1.4. Tegner-Aktivitätsscore	54
5.2. Klinische Untersuchung.....	54
5.3. Maschinelle Untersuchung (KT 2000™ Arthrometer).....	58
5.4. Radiologische Untersuchung.....	59
5.4.1. Kellgren-Lawrence-Klassifikation	59
5.4.2. Beinachse nach Hinman	62
6. Diskussion.....	63
6.1. Zusammenfassung der Ergebnisse	63
6.2. Interpretation der Ergebnisse	65
6.3. Vergleich mit der Literatur	69
6.4. Limitationen der Studie	73
6.5. Schlussfolgerung und Ausblick	74
7. Zusammenfassung.....	77
8. Literaturverzeichnis	79
9. Anhang: Patientenfragebogen.....	88
10. Danksagungen	97

Abkürzungsverzeichnis

a.-p.	antero-posterior
ACT	Autologe Chondrozytentransplantation
AOSSM	American Orthopaedic Society for Sports Medicine
ASK	Arthroskopie
BMI	Body-mass-index
BPTB	Bone-patella-tendon-bone
CMI	Kollagenmeniskus-Implantat
ESSKA	European Society of Sports Traumatology, Knee Surgery and Arthroscopy
FU	Follow-up
HKB	Hinteres Kreuzband
HTO	Hohe tibiale Osteotomie
IKDC	International Knee Documentation Committee
IM	Innenmeniskus
KL	Kellgren-Lawrence
LCL	Ligamentum collaterale laterale
Lig.	Ligamentum
M.	Musculus
MRT	Magnet-Resonanz-Tomographie
N.	Nervus
N	Newton
OATS	Osteochondral autologous transplantation system
OP	Operation
POL	Posterior oblique ligament
Rx	Röntgen
SD	Standardabweichung
TEP	Total-Endoprothese
VAS	Visuelle Analogskala
VKB	Vorderes Kreuzband
WBL	Weight bearing line
WOMAC	Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index

1. Einleitung

Die hohe tibiale Osteotomie (HTO) ist eine weit verbreitete und akzeptierte Therapiemöglichkeit zur Behandlung der Varusgonarthrose (Fujisawa et al. 1979; Hernigou et al. 1987; Coventry et al. 1993; Aglietti et al. 2003; Sprenger und Doerzbacher 2003; Akizuki et al. 2008). Zwei unterschiedliche Verfahren sind dabei geläufig: die Umstellung nach closed-wedge Technik und die Umstellung nach open-wedge Technik. Egal welches dieser beiden Verfahren angewandt wird, so ist das Ziel der valgusierenden HTO immer die Entlastung des medialen Gelenkkompartiments.

Ebenso gilt die Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes schon seit Langem als Routineeingriff bei Patienten mit vorderer Knieinstabilität. Viele verschiedene operative Möglichkeiten wurden hier in den letzten Jahren entwickelt und in den klinischen Alltag integriert. Um den Patienten wieder das Gefühl eines stabilen Kniegelenkes zu geben, sollen die Kreuzbandplastiken der Anatomie und vor allem der Funktion des ursprünglichen Ligaments möglichst nahe kommen.

Allerdings steigt die Zahl der Patienten, die bei einer Insuffizienz des vorderen Kreuzbandes und gleichzeitig bestehender Varusfehlstellung des Knies schon sehr früh eine unikompartimentelle Gonarthrose entwickeln. Typischerweise leiden diese Patienten schon lange Zeit bevor die ersten Schmerzsymptome auftreten unter einer chronischen vorderen Instabilität. Die Ursache dafür ist meistens, dass das rupturierte vordere Kreuzband primär erst gar nicht operativ behandelt wurde, oder dass eine VKB-Rekonstruktion zwar vorgenommen wurde, das Transplantat jedoch insuffizient ist. Oft kommt es bei diesen Patienten aufgrund der vermehrten Translationsbewegungen im Gelenk und der Varusfehlstellung im weiteren Verlauf zu Abnutzungserscheinungen oder Läsionen des Innenmeniskus. All diese Faktoren führen letzten Endes zu arthrotischen Veränderungen insbesondere im medialen Gelenkkompartiment und somit zu Schmerzen und Schwellungen, die den Patienten schließlich zum Arzt führen (McDaniel und Dameron 1980; McKellop et al. 1991; Bruns et al. 1993; Neyret et al. 1993; Sharma et al. 2001; Agneskirchner et al. 2002; Cerejo et al. 2002; Cicuttini et al. 2004).

Die Behandlungsmöglichkeiten bei chronischer vorderer Instabilität, medial betonten Gelenkschmerzen und O-Bein-Stellung variieren von der alleinigen HTO bis hin zur Kreuzbandrekonstruktion und knorpelchirurgischen Verfahren wie OATS in Kombination mit einer Umstellungsosteotomie. In der Literatur gibt es bisher keine Einigung darüber, welche die optimale Behandlungsstrategie in diesen Fällen darstellt, und ob diese großen Operationen hinsichtlich der Arthroseentwicklung einen präventiven oder im Gegenteil einen

schädigenden Effekt haben. Einerseits wird auf der Grundlage klinischer Studienergebnisse eher zur alleinigen Umstellungsosteotomie geraten und eine Bandrekonstruktion, wenn überhaupt, erst in einem zweiten separaten Eingriff in Erwägung gezogen (Lattermann und Jakob 1996). Andere Autoren sind jedoch der Meinung, dass vor allem jüngere Patienten, aber auch Ältere mit mäßiger Arthrose, von einem einzeitigen Eingriff mit HTO und VKB-Plastik profitieren, und dass auch eine zusätzliche OATS-Transplantation keine weiteren Probleme darstellt (Agneskirchner et al. 2002). Allerdings gibt es nur wenig Literatur zu diesem Thema und die meisten Studien haben nur ein sehr kleines Patientenkollektiv (Boss et al. 1995; Lattermann und Jakob 1996; Stutz et al. 1996; Badhe und Forster 2002) oder lassen eine Gruppeneinteilung hinsichtlich unterschiedlicher operativer Vorgehensweisen vermissen (Boss et al. 1995; Agneskirchner et al. 2002; Badhe und Forster 2002).

Unser Anliegen ist es daher, der Frage auf den Grund zu gehen, was nun der Schlüssel bei der Behandlung von Patienten mit VKB-Insuffizienz und Varusgonarthrose ist. Ist es die hohe tibiale Umstellungsosteotomie alleine oder die Kombination mit einer Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes und/oder OATS-Therapie? Im Rahmen einer klinischen retrospektiven Studie mit großem Patientenkollektiv und einer differenzierten Betrachtungsweise der verschiedenen chirurgischen Therapiemöglichkeiten beschäftigt sich die folgende Arbeit mit dieser Frage.

2. Grundlagen

2.1. Anatomie des Kniegelenks

2.1.1. Knöcherne und knorpelige Strukturen

Das Kniegelenk setzt sich aus zwei Einzelgelenken zusammen. Das Femoropatellargelenk wird von der Facies patellaris des Femurs und der Facies articularis der Patella gebildet. Die Kniescheibe hat für das Kniegelenk die Funktion eines Sesambeines und kann sich zwischen maximaler Beugung und Streckung auf der Trochlea femoris auf- und abwärts bewegen. Die artikulierenden Strukturen des Femorotibialgelenks sind die Kondylen des Femurs und die Facies articularis des Tibiakopfes. Während das mediale Tibiaplateau eine leicht konkave Oberflächenform aufweist, ist das laterale Tibiaplateau zentral konvex gekrümmt, so dass sich speziell hier Femur und Tibia nur punktförmig berühren. Aufgrund dieser Konstellation vollführen die Femurkondylen bei der Kniebeugung und –streckung eine Roll-Gleitbewegung auf der Gelenkfläche der Tibia.

Aus physiologischer Sicht sind alle artikulierenden Knochenanteile des Kniegelenks mit einer Schicht hyalinem Knorpel bedeckt, die hinsichtlich ihres Volumens und ihrer Dicke interindividuell sehr unterschiedlich sein kann (Eckstein et al. 1998; Cicuttini et al. 2002). Typischerweise zeigen Männer höhere Werte für Knorpelvolumen und –dicke als Frauen (Eckstein et al. 1998).

Die beiden Menisci medialis und lateralis liegen im Femorotibialgelenk zwischen den Gelenkflächen und dienen zum Einen zusätzlich zum Kapsel-Band-Apparat der Stabilisierung des Knies und zum Anderen der Druckverteilung zwischen Femur und Tibia. Sie bestehen zum Großteil aus Bindegewebe und sind mit Faserknorpel überzogen. Der etwas größere mediale Meniskus ist C-förmig und fest mit der Gelenkkapsel und dem Ligamentum collaterale mediale verwachsen. Der laterale Meniskus ist fast kreisförmig und relativ gut verschiebbar, da er nur punktuell mit der Gelenkkapsel verbunden ist. Im Querschnitt sind beide Menisken keilförmig, wobei sie vom Gelenkrand zur Gelenkmitte hin immer dünner werden. Durch das Ligamentum transversum sind die beiden Menisken im vorderen Gelenkanteil miteinander verbunden.

2.1.2. Kapsel-Band-Apparat

Da dem Kniegelenk eine knöcherne Führung weitgehend fehlt, besitzt es einen gut ausgebildeten Kapsel-Band-Apparat.

Die Gelenkkapsel umgibt alle artikulierenden Gelenkflächen sowohl des Femoropatellargelenks als auch des Femorotibialgelenks und bildet eine große Gelenkhöhle. Sie wird vor allem durch vier Bandstrukturen verstärkt: die beiden Kollateralbänder medial und lateral des Kniegelenks sowie das vordere und hintere Kreuzband, die das Tibiaplateau mit der Fossa intercondylaris verbinden (Abbildung 1).

Das Ligamentum collaterale laterale entspringt am Epicondylus lateralis des Femur und zieht als runder Strang zum Caput der Fibula. Es ist nicht mit der Gelenkkapsel verwachsen und schützt das Knie vor zu starker Varisierung und stabilisiert es in Außenrotation.

Das mediale Seitenband zieht breitflächig vom Epicondylus medialis des Femur zur Facies medialis der Tibia und ist mit der Gelenkkapsel fest verwachsen. Es wird in einen langen, oberflächlichen, vorderen und einen kurzen, tiefen, hinteren Zügel unterteilt und wirkt einer übermäßigen Valgisation und Außenrotation des Unterschenkels entgegen.

Das vordere Kreuzband entspringt an der medialen Fläche des lateralen Femurkondylus und zieht zur Area intercondylaris anterior der Tibia. Es besteht aus einem anteromedialen und einem posterolateralen Bündel, die gegeneinander verdreht sind. Die Funktion dieses Ligaments besteht darin, das Knie in Beugung zu stabilisieren und vor einer Überstreckung zu schützen. Außerdem verhindert es eine abnorme Dislokation der Tibia nach ventral und eine zu starke tibiale Innenrotation.

Das dickere hintere Kreuzband hat seinen Ursprung an der lateralen Fläche des medialen Femurkondylus und setzt an der Area intercondylaris posterior der Tibia an. Es besteht ebenfalls aus zwei Fasersträngen (anterolateral und posteromedial) und stabilisiert das Knie in Beugung und schützt es vor Überstreckung. Im Gegensatz zum vorderen Kreuzband jedoch verhindert das hintere Kreuzband eine Subluxation des Tibiaplateaus nach dorsal (Schabus und Bosina 2007).

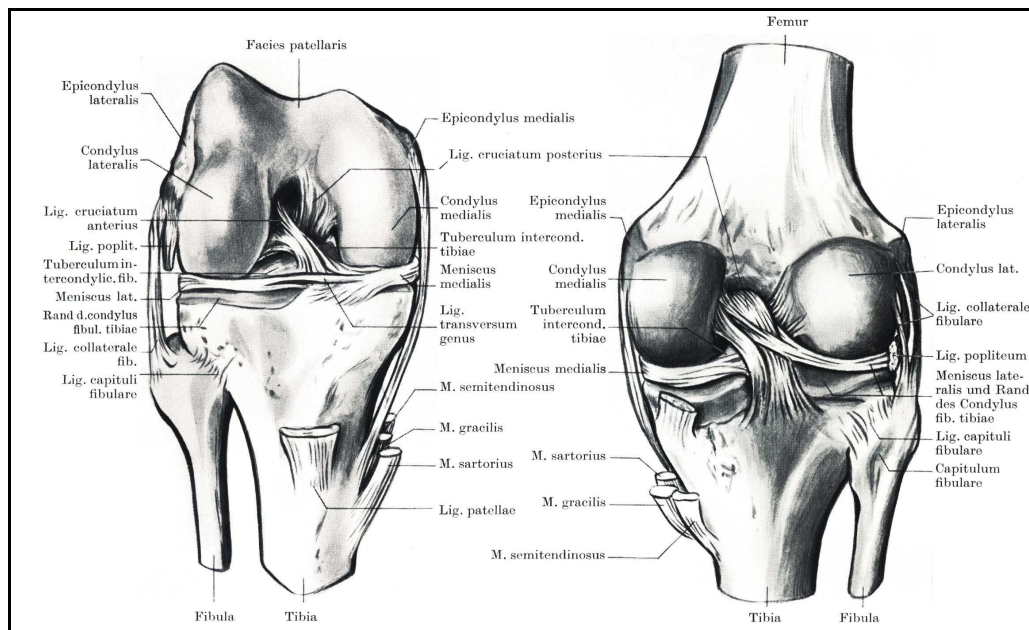


Abbildung 1: Anatomie des Kniegelenks, links von ventral in Beugstellung, rechts von dorsal in Streckstellung (Spalteholz und His 1921)

2.2. Pathophysiologie und Biomechanik

2.2.1. VKB-Ruptur

Die Ruptur des vorderen Kreuzbandes beruht meist auf einer indirekten Gewalteinwirkung auf das Kniegelenk, wobei Sportverletzungen eine Hauptursache darstellen. Vor allem Fußball, Handball, Basketball und alpiner Skilauf sind diesbezüglich als Risikosportarten bekannt (Gokeler et al. 2010). In den USA gilt American Football als die Sportart mit der größten Anzahl an Verletzungen des vorderen Kreuzbandes (Renstrom et al. 2008). Hinsichtlich der Geschlechtsverteilung zeigen Frauen gegenüber Männern ein um 2,3- bis 9,7fach erhöhtes Risiko für VKB-Rupturen (Hewett et al. 2005). Als Ursache hierfür werden vor allem geschlechtsspezifische anatomische Unterschiede der unteren Extremitäten diskutiert, wie z.B. ein erhöhter Q-Winkel (Winkel zwischen dem Kraftvektor des M. quadriceps femoris und der Patellarsehne) oder eine kleinere interkondyläre Notch bei Frauen (Hewett et al. 2001; Olsen et al. 2004). Als größter Risikofaktor für eine VKB-Ruptur gilt jedoch die bereits stattgehabte VKB-Ruptur, sowohl ipsilateral als auch kontralateral (Gokeler et al. 2010).

Hinsichtlich des Entstehungsmechanismus führen typischerweise Kombinationsbewegungen des Kniegelenks in verschiedenen räumlichen Dimensionen zu Verletzungen des vorderen Kreuzbandes (Gokeler et al. 2010). Vor allem Valgusbelastungen des Kniegelenks bei

gleichzeitiger starker Innen- oder Außenrotation des Unterschenkels scheinen prädisponierend für VKB-Rupturen zu sein (Hewett et al. 2005; Yu und Garrett 2007). Außerdem wird eine Ausgangsstellung des Kniegelenks in 20-30° Beugung als eine große Belastung für das VKB angesehen, da hier eine das VKB unterstützende Wirkung durch die Hamstring-Muskulatur nur gering vorhanden ist (Yu und Garrett 2007).

Bleibt das gerissene vordere Kreuzband unbehandelt, so fehlt dem Knie ein wichtiger Primärstabilisator. Eine chronische Kniegelenksinstabilität mit rezidivierenden unphysiologischen Translations-Rotationsbewegungen („Pivoting“) ist oft die Folge. Diese führt vor allem bei aktiven Patienten zu einer erhöhten Belastung des Sekundärstabilisators Meniskus und des Knorpels und kann dort Schäden verursachen (McDaniel und Dameron 1980; Fink et al. 2001; Levy und Meier 2003). Dadurch bedingte Meniskusläsionen können zum Einen durch ihre Oberflächeninkongruenz und ihre verminderte Stabilisierungsleistung selbst zu einer verstärkten Abnutzung des angrenzenden Knorpels führen. Zum Anderen begünstigt aber auch die therapeutische Meniskus(teil)entfernung durch die resultierende Knorpel-auf-Knorpel-Punktbelastung die Entwicklung chondraler Läsionen (McDaniel und Dameron 1980; McDaniel und Dameron 1983; Veth 1985; Neyret et al. 1993; Shelbourne und Dickens 2007). Insgesamt beträgt die Prävalenz der Arthrose 13% für isolierte VKB-Rupturen bzw. 21-48% für kombinierte Verletzungen (Oiestad et al. 2009).

2.2.2. Gonarthrose

Unter einer Gonarthrose versteht man die Abnutzung und das Versagen des hyalinen Gelenkknorpels im Kniegelenk. Hinsichtlich der Entstehung wird eine primäre von einer sekundären Gonarthrose unterschieden.

Wichtige Risikofaktoren der primären Gonarthrose sind genetische Prädisposition, Fettleibigkeit, Alter, Geschlecht und hohe Knochendichte.

Bezüglich der genetischen Prädisposition beschreiben verschiedene Autoren Mutationen im menschlichen Erbgut als Mitursache für die Entwicklung einer Gonarthrose (Cicutini und Spector 1996; Neame et al. 2004). Vor allem die groß angelegte „Framingham Osteoarthritis Study“ aus dem Jahre 1987 konnte zeigen, dass die Fettleibigkeit einen weiteren Risikofaktor für die Arthrose im Kniegelenk darstellt (Felson et al. 1987). Zudem wird diesem Risikofaktor vor allem bei einer varischen oder valgischen Achsabweichung des Kniegelenks eine noch größere Bedeutung bei der Arthroseprogredienz zugeschrieben (Sharma et al. 2000). Im Geschlechtervergleich zeigen Frauen über 50 Jahre eine höhere Inzidenz für eine Gonarthrose als Männer im gleichen Alter (Felson 1988). Außerdem ist beschrieben, dass eine hohe

Knochendichte einen begünstigenden Faktor für die Entstehung einer Gonarthrose, und eine niedrige Knochendichte einen begünstigenden Faktor für die Progredienz der Gonarthrose darstellen (Felson et al. 2000).

Die sekundäre Gonarthrose entsteht durch chronische Überbelastungen oder einmalige Verletzungen des Kniegelenks, die zu einer allmählichen oder plötzlichen Schädigung des Gelenkknorpels führen. Hervorzuheben sind hier zum Beispiel Fußball- und Tennisspieler, die ein erhöhtes Risiko für die Entwicklung einer Gonarthrose aufweisen (Spector et al. 1996; Lane und Buckwalter 1999). Aber auch alltägliche oder berufliche Tätigkeiten wie kniende Arbeiten oder schweres Heben können zu repetitivem Kniegelenksstress und damit zu einer Gonarthrose führen (Coggon et al. 2000).

Hinsichtlich der Pathogenese der Gonarthrose wird davon ausgegangen, dass es durch die mechanischen Veränderungen zu einer Entzündung der Synovia mit Freisetzung von Zytokinen, Wachstumsfaktoren, Metalloproteinasen und verschiedener chondrodegradierender Enzyme kommt (Moskowitz et al. 2004). Dies führt letztendlich auch zum Hauptsymptom der Arthrose, dem Schmerz.

Mittel der Wahl bei der radiologischen Beurteilung des Gelenkknorpels ist die Magnet-Resonanz-Tomographie (MRT). Mit Hilfe einer MRT-Untersuchung des Kniegelenks lässt sich vor allem die qualitative und quantitative Beschaffenheit des Gelenkknorpels und des subchondralen Knochens bestimmen. Besonders bei der Indikation einer zusätzlichen knorpelchirurgischen Therapie wie zum Beispiel OATS kann eine MRT-Untersuchung demnach sehr hilfreich sein, zumal weder die konventionelle Röntgendiagnostik noch eine Arthroskopie eine vergleichbare Aussage über den Zustand des subchondralen Knochens zulassen.

Zur weiteren Beurteilung des Gelenkknorpels dient die diagnostische Arthroskopie. Dabei wird der Knorpel der Gelenkflächen mithilfe eines Tasthakens auf seine Qualität und Quantität geprüft. Eine verbreitete Klassifikation der Knorpelläsionen erfolgt nach Outerbridge, wobei die Schäden entsprechend ihrer Schwere in vier Stufen eingeteilt werden: Grad I = Erweichung der Oberfläche; Grad II = Oberfläche aufgefasert mit Einrissen und deutlicher Fibrillation; Grad III = tiefe Fissuren, Ulcerationen bzw. Krater, subchondraler Knochen noch nicht erreicht; Grad IV = vollständiger Knorpelverlust bis auf den subchondralen Knochen (Outerbridge 1961).

2.2.3. Genu varum

Von einem Genu varum spricht man, wenn eine Abweichung der frontalen Kniegelenkachse in die O-Beinstellung vorliegt. Das heißt, das Kniegelenk steht konvex nach lateral und die Verbindungslinie von Femurkopf zur Talusmitte („weight bearing line“, WBL; Mikulicz-Linie) verläuft beim stehenden Bein medial der Mitte des Tibio-Femoralgelenkes (Abbildung 2).

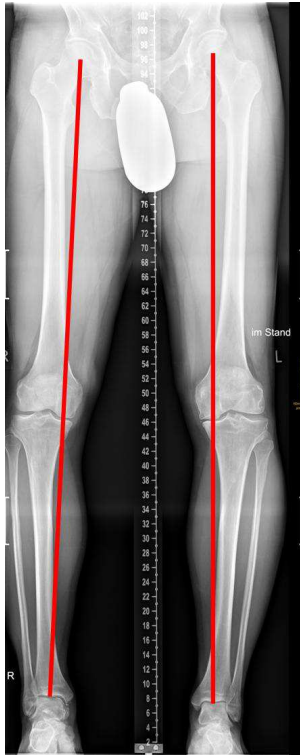


Abbildung 2: Konventionelles Röntgenbild einer Ganzbeinaufnahme im Stand und antero-posterioren Strahlengang bei einem Patienten mit Genua vara beidseits. Die Mikulicz-Linie (rot) verläuft beidseits deutlich medial der Mitte des Tibio-Femoralgelenks.

In der Literatur sind verschiedene Theorien beschrieben, die sich mit der Ausprägung und Entwicklung dieser Fehlstellung beschäftigen. Bei Kleinkindern ist eine Varusfehlstellung der Kniegelenke physiologisch und wird im Wachstum spontan ausgeglichen. In seltenen Fällen bleibt dieser Ausgleich jedoch aus und eine Fehlstellung bleibt bestehen (Kling und Hensinger 1983). Auch im höheren Alter lässt sich eine varische Beinachse als physiologisch ansehen und stellt ein Risiko für Gonarthrosenentstehung dar (Sanfridsson et al. 2001). Eine Vielzahl von Varusfehlstellungen ist zudem durch stattgehabte Unterschenkelfrakturen bedingt (Milner et al. 2002).

Das Genu varum stellt jedoch keine stabile Gelenkfehlstellung dar, sondern nimmt meist einen progredienten Verlauf, wobei vor allem Knorpelschäden, Meniskusläsionen und ligamentäre Insuffizienzen eine entscheidende Rolle spielen.

Beim primären Varustyp („Primary-Varus“) kommt zur ossären Fehlstellung eine durch Knorpelverlust, Meniskusdegeneration oder Meniskus(teil)resektion bedingte Varusfehlform hinzu. Die WBL liegt hier im medialen Gelenkkompartiment bei etwa 33% von medial nach lateral gemessen (Agneskirchner et al. 2002).

Kommt es zusätzlich zu einer lateralen Gelenkspalteröffnung im Stehen und beim Gehen, so spricht man von einem „Double Varus“. Hauptursache ist hier die Schädigung oder Insuffizienz der lateralen Kapsel-Band-Strukturen, die traumatisch oder degenerativ bedingt sein kann. Die mechanische Belastungsachse liegt nun noch weiter medial (Agneskirchner et al. 2002).

Der „Triple-Varus“ wird definiert durch einen Varus „thrust“ mit posterolateraler Instabilität, verstärkter Tibiaaußenrotation und Extension (Varus Rekurvatum). Diese Fehlstellung bildet sich meist erst als Folge einer länger dauernden Varusinstabilität aus und ist bedingt durch eine zunehmende Dehnung des lateralen Bandapparates sowie einer Schädigung des posterolateralen Ecks (LCL, Sehne des M. popliteus, POL, posterolaterale Kapsel). Die WBL wandert hier weiter nach medial und kann außerhalb des Gelenks liegen (Agneskirchner et al. 2002).

Unabhängig der Fehlstellungsursache ist man sich einig, dass ein Genu varum die Entstehung einer medialen Gonarthrose fördert, wobei die Zunahme der Varusfehlstellung mit der Arthroseprogredienz korreliert (Sharma et al. 2001; Cerejo et al. 2002; Cicuttini, et al. 2004).

Die Ganzbeinaufnahme im Zweibeinstand ist Standard zur Bestimmung der Achsenfehlstellung und damit unerlässlich zur präoperativen Diagnostik bei einer geplanten Umstellungsosteotomie. Dabei wird der Fehlstellungswinkel zwischen der mechanischen Tragachse (WBL oder Mikulicz-Linie) und der Tibiaschaftachse in der Koronarebene bestimmt. Da bereits feine Rotationsfehler die Genauigkeit der Messung stark beeinflussen können, ist es äußerst wichtig, auf eine genaue Ausrichtung der Ganzbeinaufnahme mit Zentrierung der Patella in der interkondylären Region und auf den Ausschluss einer Hyperextension oder Flexionskontraktur zu achten. Gerade bei relativ geringen Korrekturwinkeln von 4-10° kann eine ungenaue präoperative und damit auch intraoperative Planung nachhaltige Folgen haben (Imhoff et al. 2004).

2.2.4. Tibialer Slope

Einen wichtigen Faktor für die Stabilität des Kniegelenks stellt die posteriore Inklination der tibialen Gelenkfläche („tibial slope“) dar, die zwischen 8-12° als physiologisch anzusehen ist (Dejour und Bonnin 1994). Es gibt verschiedene radiologische Methoden um den Winkel des tibialen Slopes zu bestimmen, je nachdem welche longitudinale tibiale Achse als Referenz benutzt wird. Ein verminderter tibialer Slope bedeutet ein weniger nach dorsal geneigtes Tibiaplateau und viele Autoren beschreiben, dass dies zu einer vermehrten Translationsneigung des Tibiakopfes nach dorsal und damit zu einer verstärkten Zugbelastung auf das hintere Kreuzband und einer Entlastung des vorderen Kreuzbandes führen kann (Dejour und Bonnin 1994; Griffin et al. 2004; Brandon et al. 2006; Todd et al. 2010).

Verschiedene mathematische Studien (Liu und Maitland 2003; Shao et al. 2011; Shelburne et al. 2011) und Studien an menschlichen Leichen (Agneskirchner et al. 2004; Griffin et al. 2004; Fening et al. 2008) zeigten eine Zunahme der tibialen Translation nach anterior in Korrelation zur Höhe des tibialen Slopes. Eine Zunahme der Zugkräfte auf das vordere Kreuzband durch eine Erhöhung des tibialen Slopes im Rahmen einer anterioren HTO konnte jedoch durch die Kadaver-Studien nicht nachgewiesen werden. Ganz im Gegenteil konnten Fening et al. in ihrer Arbeit zeigen, dass es bei einer Erhöhung des tibialen Slope sogar zu einer Abnahme der Zugkräfte auf das vordere Kreuzband kommt (Fening et al. 2008). Die Ursachen für dieses Phänomen sind bisher ungeklärt. Diskutiert wird hier zum einen die im Rahmen der anterioren HTO aufgetretene vermehrte tibiale Außenrotation, die zu einer Abnahme der Zugkraft auf das vordere Kreuzband führt (Feucht et al. 2012). Zum anderen wird vermutet, dass ein vermehrter tibialer Slope nicht nur zu einer relativen Translation nach anterior, sondern gleichzeitig auch nach superior führt (Agneskirchner et al. 2004). Dies könnte zu einer Annäherung der Ansatzstellen des VKB und damit zu einer Verringerung der Zugkraft führen (Feucht et al. 2012).

Zusammenfassend stellt sich die Frage, ob eine Veränderung des tibialen Slopes im Rahmen einer valgisierenden Umstellungsosteotomie einen Einfluss auf die Stabilität in VKB-insuffizienten Kniegelenken hat. Dejour et al. haben in ihrer Studie aus dem Jahr 1994 festgestellt, dass bei Kombinationseingriffen aus HTO und VKB-Plastik eine Verminderung des tibialen Slopes zu einer verminderten tibialen Translation nach anterior führt (Dejour et al. 1994). Lattermann et al. konnten zudem eine Verbesserung der subjektiven Instabilität nach alleiniger valgisierenden Umstellungsosteotomie bei VKB-insuffizienten Kniegelenken feststellen. Jedoch wurde die Veränderung des tibialen Slopes in dieser Arbeit nicht dokumentiert (Lattermann und Jakob 1996). Feucht et al. sehen in einer valgisierenden

Umstellungsosteotomie mit Slope-Verminderung ohne VKB-Plastik eine gute Therapiemöglichkeit für Patienten mit einer fortgeschrittenen medial betonten Gonarthrose und vorderer Knieinstabilität, jedoch primär um den Schmerz und nicht um die Instabilität zu behandeln (Feucht et al. 2012).

2.3. Operative Therapiemöglichkeiten

2.3.1. Umstellungsosteotomie

Es gibt verschiedene operative Möglichkeiten, um eine Achsenfehlstellung des Kniegelenks zu korrigieren. So lässt sich eine Umstellung sowohl femoral suprakondylär als auch tibial supra- und infratuberositär (hohe tibiale Umstellungsosteotomie) durch einen chirurgischen Eingriff erreichen. Je nachdem, ob der Ursprung der Fehlstellung im Femur oder in der Tibia zu finden ist, was sich über die genaue Ausmessung des Fehlstellungswinkels in der Ganzbeinaufnahme bestimmen lässt, entscheidet man sich für eine dieser beiden OP-Methoden. Da die Varusfehlstellung ihren Ursprung meistens tibial hat (Imhoff et al. 2004), beschränken wir uns in dieser Studie auf die hohe tibiale Umstellungsosteotomie (HTO).

Doch auch für die HTO gibt es zwei verschiedene chirurgische Optionen. Entweder wird die Winkelkorrektur durch das keilförmige Aufspreizen der proximalen Tibia auf der Medialseite (open-wedge) erreicht, oder man entnimmt der lateralen Seite der proximalen Tibia einen Knochenkeil und klappt den Spalt anschließend zu (closed-wedge). Beide Methoden führen letzten Endes zu dem Ergebnis, dass der distale Unterschenkel nach lateral geschwenkt wird und die Traglinie des Beins im Kniegelenk nach lateral wandert.

2.3.1.1. Closed-wedge HTO

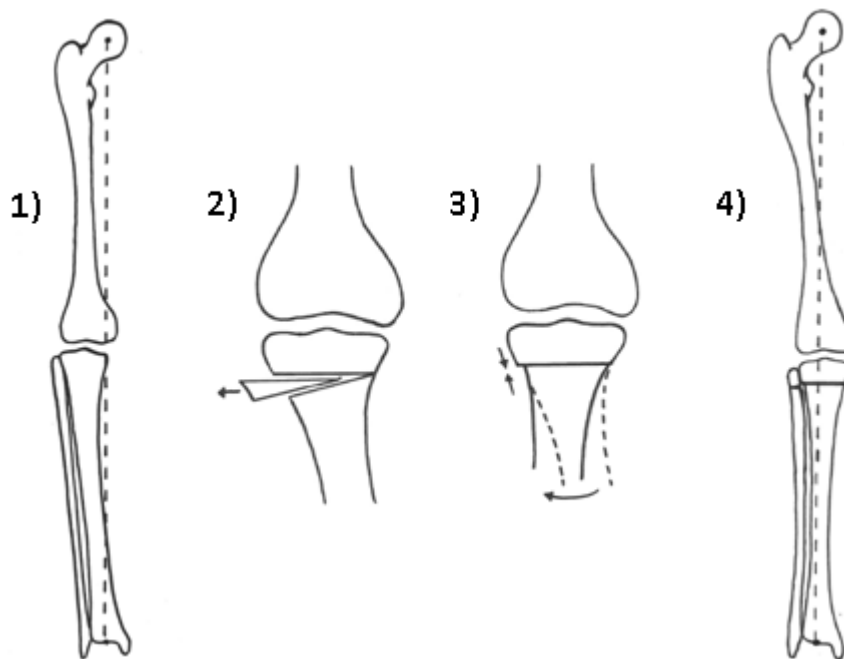


Abbildung 3: Prinzip der HTO in closed-wedge Technik; 1) Ausgangssituation mit varischer Beinachse, wobei die Mikulicz-Linie (gestrichelt) deutlich medial des Kniegelenkmittelpunktes verläuft; 2) Entnahme des Osteotomie-Keils auf der lateralen Seite der proximalen Tibia; 3) Zuklappen des Osteotomiespaltes und dadurch Schwenken des Tibiaschaftes nach lateral; 4) Endsituation mit minimal valgischer Beinachse, wobei die Mikulicz-Linie (gestrichelt) leicht lateral des Kniegelenkmittelpunktes verläuft.

Es gibt heute eine Vielzahl verschiedener Techniken bei der Durchführung der hohen tibialen Umstellungsosteotomie in closed-wedge Technik, die sich hauptsächlich durch die eingesetzten Zielgeräte für die Tibiaosteotomie, die Technik der Fibulaosteotomie sowie durch die Art der Osteosynthese unterscheiden. Bevor mit der Entnahme des Osteotomiekeils begonnen werden kann, muss zunächst eine Fibulaosteotomie oder eine Lösung des proximalen Tibio-Fibulargelenks sowie eine laterale Ablösung des M. tibialis anterior durchgeführt werden, um die Facies lateralis der proximalen Tibia freizulegen. Hierbei ist vor allem darauf zu achten, dass eine Verletzung des N. peroneus vermieden wird. Nach genauer Winkelbestimmung des Osteotomiekeils mithilfe von Winkelschablonen oder komplexeren Zielgeräten wird dieser entnommen und der Knochenspalt geschlossen. Unabhängig davon, welches Material verwendet wird, ist eine stabile Osteosynthese von entscheidender Bedeutung für das postoperative Ergebnis. Üblicherweise werden heute vermehrt winkelstabile Platten zur Osteosynthese verwendet (Jakob und Jacobi 2004), während zuvor hauptsächlich nicht-winkelstabile L-Platten eingesetzt wurden.

Jakob und Jacobi (Jakob und Jacobi 2004) sehen eine closed-wedge HTO im Vergleich zur open-wedge HTO bei einer fortgeschrittenen Arthrose des Patellofemoralgelenks oder einer patella baja im Vorteil, da es bei dieser Methode nicht zu einer postoperativen Druckerhöhung der Patella auf das Femur kommt. Als Nachteile dieser Methode sind jedoch ein größerer operativer Aufwand und die Gefahr einer Schädigung des N. peroneus zu nennen.



Abbildung 4: Postoperatives Röntgenbild in antero-posterioren Strahlengang nach HTO in closed-wedge Technik.

2.3.1.2. Open-wedge HTO

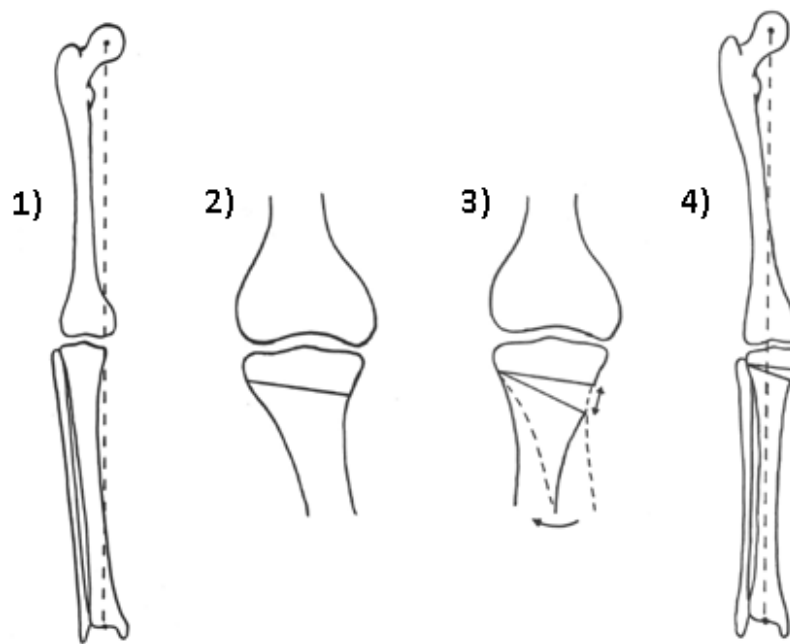


Abbildung 5: Prinzip der HTO in open-wedge Technik; 1) Ausgangssituation mit varischer Beinachse, wobei die Mikulicz-Linie (gestrichelt) deutlich medial des Kniegelenkmittelpunktes verläuft; 2) Aufsagen eines Osteotomiespaltes an der proximalen Tibia von medial; 3) Aufspreizen des Osteotomiespaltes und dadurch Schwenken des Tibiaschaftes nach lateral; 4) Endsituation mit minimal valgischer Beinachse, wobei die Mikulicz-Linie (gestrichelt) leicht lateral des Kniegelenkmittelpunktes verläuft.

Die hohe tibiale Umstellungsosteotomie in open-wedge Technik beginnt mit der Präparierung der Facies medialis der Tibia. Die posteromediale Kante der proximalen Tibia stellt einen wichtigen Bezugspunkt für die Osteotomie dar und muss deshalb exponiert werden, indem die anterioren Anteile des tibialen Ansatzes des medialen Kollateralbandes mit dem Skalpell vom Knochen abgelöst werden. Es ist von entscheidender Bedeutung, dass die Osteotomie und die anschließende Aufspreizung des Knochenspaltes möglichst von mediodorsal durchgeführt werden, damit eine ungewollte Veränderung des tibialen Slope vermieden wird. Gerade bei Kniegelenken mit gleichzeitiger vorderer Instabilität darf die Osteotomie nicht von zu weit anterior durchgeführt werden, da dies zu einer Slopeerhöhung führen würde. Ist jedoch im Rahmen der Umstellung eventuell eine Slopeverminderung erwünscht, so besteht hier die Möglichkeit die Osteotomie von leicht posterior durchzuführen oder die folgende Aufspreizung des Osteotomiespaltes im hinteren Bereich zu betonen. Während bei der Verwendung von L-, T-, oder Spacerplatten zur Osteosynthese der Einsatz einer Spongiosaplastik häufig notwendig ist, um die knöcherne Konsolidierung des Osteotomiespaltes zu beschleunigen, ist dies beim Einsatz der heute vornehmlich

verwendeten winkelstabilen Platten nicht mehr nötig, da diese eine hohe Primärstabilität ermöglichen (Lobenhoffer et al. 2004). Weil bei der open-wedge HTO im Vergleich zur closed-wedge Technik die Fibulaosteotomie, die laterale Muskelablösung sowie die Präparation des N. peroneus entfallen und nur eine einzige Osteotomie durchgeführt werden muss, ist sie mit einer geringeren Komplikationsrate verbunden. Vor allem die Möglichkeit des Einsatzes winkelstabiler Platten hat dazu geführt, dass der Stellenwert der open-wedge HTO im Vergleich zur closed-wedge HTO in den letzten Jahren stark gestiegen ist. Denn diese internen Fixateure ermöglichen nicht nur eine sehr stabile Osteosynthese und reduzieren damit das Risiko eines Korrekturverlustes, sondern erlauben auch eine frühzeitigere Belastung des operierten Kniegelenks und führen so zu einer kürzeren Rehabilitationszeit (Staubli et al. 2003).

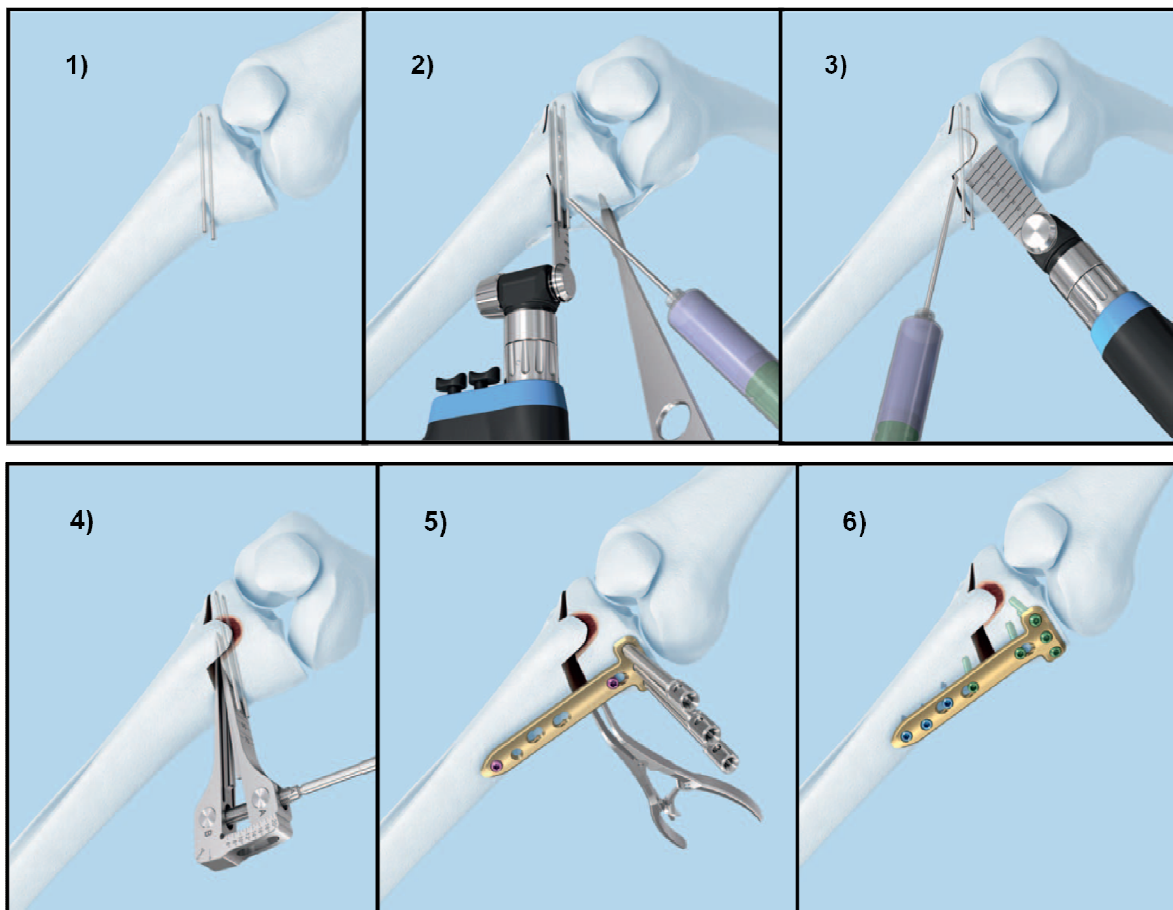


Abbildung 6: Schematische Darstellung der Operationstechnik bei der HTO in Open.Wedge-Technik:

1) Markierung der späteren Osteotomie mit 2 Kirschner-Drähten, 2) Aufsägen des Osteotomie-Spaltes unter Schutz des medialen Kollateralbandes, 3) Osteotomie der Tuberositas tibiae, 4) Langsames Aufspreizen des Osteotomiespaltes bis die gewünschte Achse erreicht ist, 5) Aufhalten des Osteotomiespaltes mit der Knochenspreizzange und Anlegen der Platte, 6) Befestigung der Platte winkelstabil am Knochen (© Synthes, Oberdorf, Schweiz).



Abbildung 7: Postoperatives Röntgenbild in antero- posterioren Strahlengang nach HTO in open-wedge Technik.

2.3.2. VKB-Rekonstruktion

Verschiedenste Methoden der autologen, allogenen, synthetischen und auch xenogenen Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes wurden in den letzten Jahren entwickelt. Die heute gebräuchlichsten autologen Transplantate zum Ersatz des vorderen Kreuzbandes sind zum Einen das Patellarsehnen-Transplantat mit anhaftenden Knochenblöcken (bone-patella-tendon-bone = BPTB) und zum Anderen das Transplantat der Semitendinosus- bzw. Gracilissehne (Hamstringsehnen). Beide Transplantate zeigen mechanische Eigenschaften, die denen eines ursprünglichen Kreuzbandes sehr nahe kommen. Woo et. al. geben für das BPTB-Transplantat eine maximale Last von 1784 N und 1997 N bei einer Steifigkeit von 210 N/mm an, während sie für ein Hamstring-Transplantat eine maximale Last von 2442 N bei einer Steifigkeit von 238 N/mm angeben (Woo et al. 1991).

2.3.2.1. Patellarsehnen-Transplantat

Bei dieser Methode der VKB-Rekonstruktion beginnt die Transplantatentnahme mit einem Längsschnitt in die Haut mittig über der Patellarsehne. Üblicherweise wird das mittlere Drittel der Sehne mit einer Breite von 7-12 mm entnommen, da hier möglichst symmetrische Knochenblöcke aus dem Patellapol und der Tuberositas tibiae gesägt werden können (Lobenhoffer 1999) und sich auch die Zugrichtung des Streckapparates postoperativ nicht

ändert. Die anschließende Einbringung des Transplantats erfolgt in der Regel arthroskopisch, kann aber auch mittels einer Mini-Arthrotomie durchgeführt werden. Der Erfolg der Operation ist maßgeblich von der korrekten Lage der Bohrkanäle abhängig, weshalb hierfür geeignete Zielgeräte verwendet werden. Zunächst wird der tibiale Bohrkanal ausgehend von der anteromedialen Fläche des Tibiakopfes mit einem Draht vorgebohrt. Dabei muss besonders darauf geachtet werden, dass der Kanal nicht zu weit ventral liegt und es somit zu einem postoperativen Einklemmen des Transplantats in der Notch mit daraus resultierendem Streckdefizit im Kniegelenk (Impingement) kommt (Lobenhoffer 1999). Hat der Draht die korrekte intraartikuläre Lage so wird er anschließend mit einem Bohrer überbohrt. Bei der Anlage des femoralen Bohrkanals wird wiederum zunächst ein Führungsdraht benutzt, der entweder vom tibialen Bohrkanal aus oder über das anteromediale Arthroskopieportal in die Insertionszone des VKB am distalen Femur gebohrt wird, bis er auf der Vorderseite des Oberschenkels die Haut durchdringt. Anschließend wird dieser Draht überbohrt und ein Halbkanal mit der Länge des patellaren Knochenblocks angelegt. Das Transplantat wird nun mithilfe eines femoralen Shuttlefadens durch den tibialen Bohrkanal in das Gelenk eingezogen. Die Fixation des Transplantats erfolgt durch den Einsatz von Interferenzschrauben, die die Knochenblöcke in den Bohrkanälen festklemmen (siehe Abbildung 8).

Das Patellarsehnen-Transplantat ist die einzige etablierte Methode der Kreuzbandrekonstruktion mit Verwendung von zwei Knochenblöcken und bedingt dadurch eine verhältnismäßig rasche Einheilung (Lobenhoffer 1999; Papageorgiou et al. 2001; Park et al. 2001). Nachteilig wirkt sich bei dieser Operationstechnik jedoch aus, dass Patienten häufig unter Schmerzen im Bereich der Sehnenentnahme leiden (Lobenhoffer 1999).

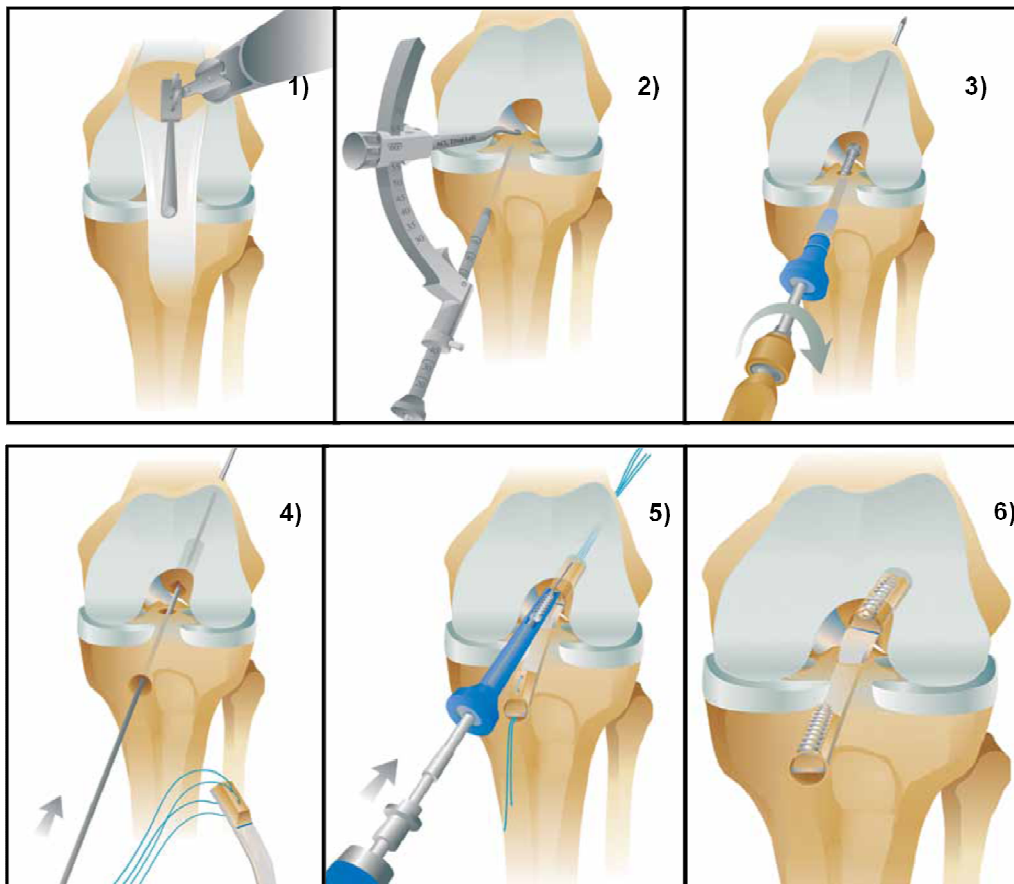


Abbildung 8: Schematische Darstellung der VKB-Rekonstruktion mit Patellarsehnen-Graft;

1) Entnahme des Transplantats aus dem mittleren Drittel der Patellarsehne mit speziellen Sägeinstrumenten, 2) Anlegen des tibialen Bohrkanals mithilfe des Zielinstrumentes, 3) Anlegen des femoralen Bohrkanals, 4) Einziehen des Transplantats über den tibialen Bohrkanal, 5) Fixierung der Knochenblöcke in den Bohrkanälen mittels Interferenzschrauben, 6) Regelrechte Lage des Transplantats (© Arthrex, Karlsfeld, Deutschland).

2.3.2.2. Hamstring-Transplantat

Die Entnahme der Hamstringsehnen erfolgt gewöhnlicher Weise mittels eines Sehnenstrippers, nachdem die entsprechenden Sehnenansätze am Pes anserinus frei präpariert wurden. Es wurden mittlerweile eine Vielzahl an operativen Methoden zur VKB-Rekonstruktion entwickelt, die sich der Semitendinosus- oder der Gracilissehne oder beider Sehnen bedienen. Das Anlegen der Bohrkanäle und das Einbringen des Transplantats sind dabei fast immer gleich und entsprechen dem oben genannten Vorgehen bei der Patellarsehnenplastik. Unterschiede bestehen jedoch vor allem hinsichtlich der Wahl und Präparation des Transplantats und der Art der Verankerung desselben in den Bohrkanälen. Während bei den ersten VKB-Rekonstruktionen mit der Semitendinosussehne vornehmlich gedoppelte Sehnentransplantate verwendet wurden, so wurde im Laufe der Zeit der Einsatz

einer vierfach gelegten Sehne immer beliebter, da diese laut Fu et al. einer Belastung von bis zu 4100 N standhielt, was über der Zugfestigkeit eines Patellarsehnentransplantats liegt (Fu et al. 1999). Bei der Verankerung der Transplantate hat die Verwendung von Interferenzschrauben heutzutage einen hohen Stellenwert. Dabei wird das Transplantat im Bohrkanal durch die Schraube an den Knochen gepresst und so fixiert. Eine weitere Möglichkeit der femoralen Verankerung ist die Aufhängung des Transplantates an senkrecht zum Bohrkanal eingebrachten Fixationsstäben (z.B. Trans-Fix, siehe Abbildung 9, oder Cross-Pin). Eine heute sehr verbreitete Methode der VKB-Rekonstruktion mithilfe der Hamstringsehnen ist die sogenannte „double-bundle“ Technik, bei der zwei einzelne Sehnentransplantate im Kniegelenk fixiert werden. Ein anteromediales und ein posterolaterales Bündel werden dabei jeweils mit separaten Bohrkanälen in das Kniegelenk eingebracht, was somit den anatomischen Verhältnissen eines ursprünglichen vorderen Kreuzbandes sehr nahe kommt.

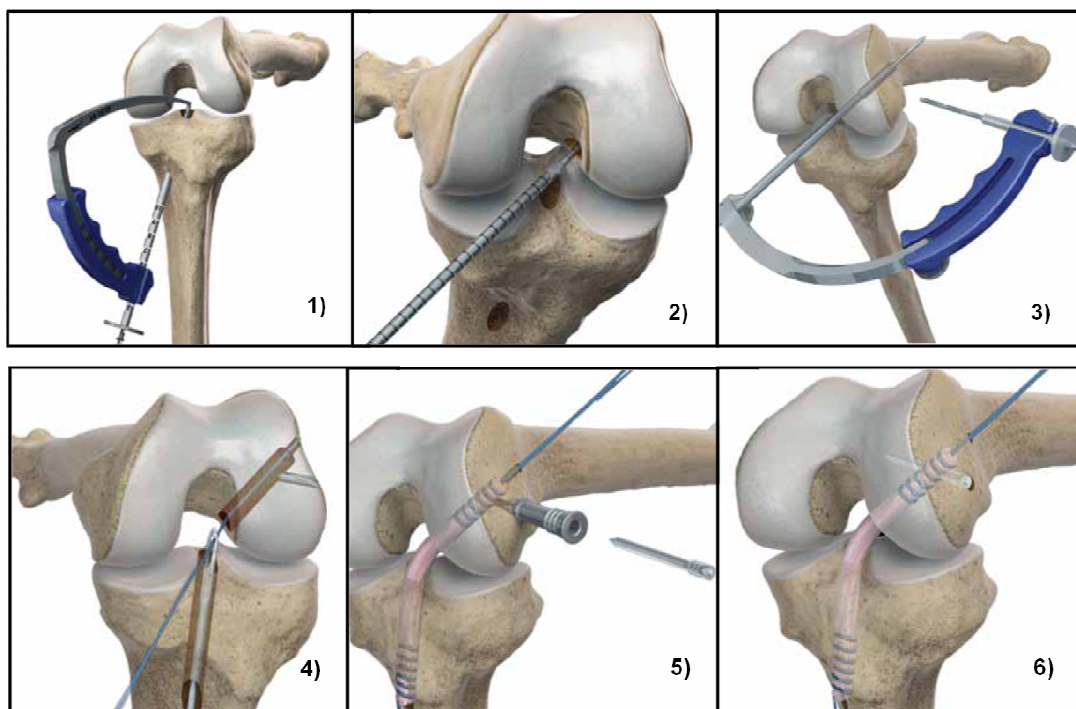


Abbildung 9: Schematische Darstellung der VKB-Rekonstruktion mit Hamstring-Graft und femoraler Verankerung mit einem Fixationsstab;

1) Anlegen des tibialen Bohrkanals mithilfe des Zielinstrumentes, 2) Anlegen des femoralen Bohrkanals über das anteromediale Arthroskopieportal, 3) Anlegen des Bohrkanals für den Fixationsstab von lateral mithilfe des Zielinstrumentes, 4) Einziehen des Hamstring-Transplantats über den tibialen Bohrkanal, 5) Einbringen des Fixationsstabes von lateral, 6) Regelrechte Lage des Transplantats (Die tibiale Verankerung kann z.B. mit Interferenzschrauben erfolgen) (© Arthrex, Karlsfeld, Deutschland).

2.3.3. OATS-Therapie

Mithilfe einer osteochondralen autologen Knorpeltransplantation (engl.: osteochondral autologous transplantation system = OATS; Arthrex, Karlsfeld, Deutschland) lassen sich die geschädigte Knorpeloberfläche und der subchondrale Knochen zusammen ersetzen. Dabei werden Knorpel-Knochen-Zylinder einer weniger belasteten Stelle im Körper entnommen und in die entsprechende Defektzone transferiert. Für das Kniegelenk bietet sich diese Methode bei Knorpelschäden im Bereich der medialen und laterale Femurkondyle an, wobei das Transplantat der weniger belasteten Knorpelzonen des proximalen lateralen Femurkondylenbereich des Kniegelenks entnommen wird (Burkart et al. 2001). Die OATS-Therapie kann sowohl arthroskopisch als auch offen durchgeführt werden, jedoch ist dabei zu bedenken, dass das arthroskopische Verfahren mit zunehmender Anzahl der Zylinder immer schwieriger wird (Burkart et al. 2001). Die Verankerung der Knorpel-Knochen-Transplantate basiert auf dem Pressfit-Prinzip. Der spezielle Vorteil dieser Methode der Knorpeltherapie besteht vor allem darin, dass sowohl der geschädigte Knorpel als auch der darunter liegende Knochen durch vitales Gewebe ersetzt wird, sodass diese Technik unabhängig von Defektursache und -tiefe angewendet werden kann (Schnettler et al. 2008). Allerdings ist ihre Anwendung limitiert durch die Ausdehnung der Knorpelschäden in die Breite, so hat sich die OATS-Therapie nur bis zu einer Defektgröße von ca. 1-3 cm² etabliert (Schnettler et al. 2008). Bisher ist die Transplantation von Knorpel-Knochen-Zylindern jedoch das einzige verbreitete knorpelchirurgische Verfahren um eine langfristige Defektheilung mit hyalinem Knorpel zu erreichen, und bietet sich daher vor allem bei jüngeren Patienten mit umschriebenen Knorpelläsionen an.

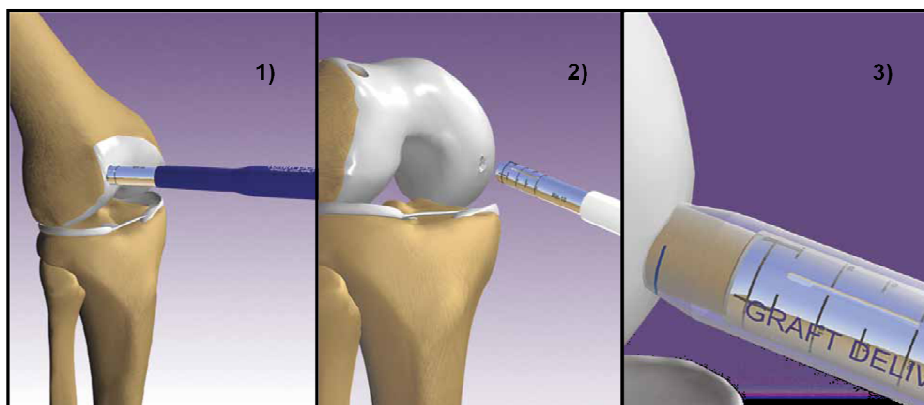


Abbildung 10: Schematische Darstellung der OATS-Technik;

1) Entnahme des Knochen-Knorpel-Zylinders an der lateralen Trochlea, 2) Ausstanzen des Knorpeldefekts an der medialen Femurkondyle, 3) Implantation des Transplantats an der medialen Femurkondyle in Pressfit-Technik (© Arthrex, Karlsfeld, Deutschland.)

3. Literatur

Wie bereits beschrieben, konnte in vielen Studien nachgewiesen werden, dass bei einer symptomatischen vorderen Instabilität des Kniegelenkes die Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes vor allem bei aktiven Patienten Mittel der Wahl ist (Johnson et al. 1984; Aglietti et al. 1994; Hertel et al. 2005; Strand et al. 2005; Liden et al. 2007; Almqvist et al. 2009). Ebenso hat sich in vielen wissenschaftlichen Arbeiten gezeigt, dass die valgusierende hohe tibiale Umstellungsosteotomie bei Patienten mit leichter bis mäßiger Varusgonarthrose gute Ergebnisse erzielt (Fujisawa et al. 1979; Hernigou et al. 1987; Coventry et al. 1993; Aglietti et al. 2003; Sprenger und Doerzbacher 2003; Akizuki, et al. 2008). Doch wie sieht die optimale Behandlung bei Patienten mit Varusgonarthrose und gleichzeitig bestehender vorderer Knieinstabilität aus? Betrachtet man die Fachliteratur der letzten 20 Jahre, so zeigen sich uneinheitliche Empfehlungen hinsichtlich der Behandlung dieses Patientenkollektivs.

Als eine der ersten beschäftigten sich Noyes et al. mit diesem Problem. Anhand einer Studie aus dem Jahr 1993 (Noyes et al. 1993) raten sie zu einem kombinierten Vorgehen von Umstellungsosteotomie und gleichzeitiger Kreuzbandplastik lediglich bei Patienten mit symptomatischer Instabilität, nur leichter Arthrose und höherem sportlichen Anspruch. Ansonsten sollte jedoch aufgrund der erhöhten Komplikationsrate beim kombinierten Vorgehen auf eine zusätzliche Kreuzbandplastik verzichtet werden. Lerat et al. und Boss et al. befürworten dagegen das kombinierte Vorgehen und behaupten, dass bei korrekter technischer Durchführung das Risiko für eine Arthroseprogredienz oder für intraoperative Komplikationen nicht erhöht sei (Lerat et al. 1993; Boss et al. 1995). Weitere Studien aus dieser Zeit bekräftigten diese Ansicht mit guten und sehr guten Ergebnissen bei jungen, aktiven Patienten und erfolgter Kombination aus HTO und VKB-Plastik (O'Neill und James 1992; Neuschwander et al. 1993; Dejour et al. 1994).

Im Jahr 1996 veröffentlichten Chr. Lattermann et al. (Lattermann und Jakob 1996) eine retrospektive Studie, in der erstmals bei Patienten mit vorderer Knieinstabilität und Varusgonarthrose verschiedene operative Strategien miteinander verglichen wurden. Von den 27 in die Studie eingeschlossenen Patienten wurden 11 nur mit einer hohen tibialen Umstellungsosteotomie behandelt. 8 Patienten erhielten zunächst die Achsenkorrektur und in einem zweiten Eingriff 6-12 Monate später eine VKB-Rekonstruktion, und bei 8 Patienten wurden beide Eingriffe einzeitig durchgeführt. Als Beurteilungskriterien in der Nachuntersuchung wurden die IKDC-Kriterien und die radiologische Dokumentation der Arthrose herangezogen. Aus den gewonnenen Daten schließen die Autoren, dass die alleinige Umstellungsosteotomie bei Patienten ab 40 Jahren und älter eine sehr gute Behandlungsoption

mit guten Ergebnissen darstellt. Bei jüngeren Patienten raten sie, zunächst eine HTO durchzuführen und im Falle einer weiterbestehenden vorderen Instabilität in einem zweiten Eingriff das vordere Kreuzband zu rekonstruieren. Bei einem einzeitigen Vorgehen müsse eine hohe Komplikationsrate bedacht werden und besonders viel Wert auf optimale Bedingungen hinsichtlich operativer Technik, postoperativer Rehabilitation und Patientencompliance gelegt werden. In einer weiteren Arbeit von Noyes et al. aus dem Jahr 2000 unterstützen die Autoren diese Ansicht und favorisieren ebenfalls das zweizeitige Vorgehen (Noyes et al. 2000). Agneskirchner et al. (Agneskirchner et al. 2002) sind dagegen der Meinung, dass gerade jüngere Patienten von einem einzeitigen Vorgehen mit Umstellung und Bandplastik profitieren, da dadurch ein zweiter Eingriff und damit eine zweite Hospitalisierung und Rehabilitation vermieden werden können. Ihrer Meinung nach würden zudem auch Patienten >35 Jahren mit mäßiger Varusgonarthrose und symptomatischer Instabilität von diesem Vorgehen profitieren. Ein erhöhtes Komplikationsrisiko beim einzeitigen Vorgehen spiele in ihrer Arbeit keine Rolle. Lediglich bei sehr stark fortgeschrittener Arthrose solle zunächst eine alleinige Umstellung durchgeführt werden und im Falle einer weiterhin bestehenden Instabilität in einem zweiten Eingriff das Kreuzband rekonstruiert werden. Ebenso fühlten sich Badhe und Forster anhand der guten Ergebnisse ihrer retrospektiven Studie aus dem Jahre 2002 zum einzeitigen Vorgehen ermutigt (Badhe und Forster 2002). Eine Studie mit Langzeitergebnissen nach erfolgtem Kombinationseingriff wurde im Jahr 2003 veröffentlicht (Bonin et al. 2004). Hier konnten 29 Patienten (30 Kniegelenke) mit einem durchschnittlichen Follow-up von 12 Jahren nachuntersucht werden. Insgesamt zeigten sich dabei erfreuliche Ergebnisse mit einer geringen Morbidität, einem guten sportlichen Aktivitätsgrad der Patienten, mit guter Kontrolle der Knieinstabilität und einer nur geringen Arthroseprogredienz.

Williams et al. haben sich ebenfalls mit dem Problem der Behandlung von Patienten mit Varusgonarthrose bei gleichzeitig bestehender VKB-Insuffizienz beschäftigt (Williams et al. 2000; Williams et al. 2003). Bei der Therapieentscheidung sollte ihnen zufolge vor allem auf die Anamnese und das im Vordergrund stehende Problem der Patienten Wert gelegt werden. Ist es in erster Linie der Schmerz oder die Instabilität? Patienten, die bei nur minimal ausgeprägter Instabilitätsproblematik den Schmerz als Hauptproblem angeben, sollten demnach mit einer alleinigen Umstellungsosteotomie ohne Kreuzbandplastik therapiert werden. Fühlen sich die Patienten jedoch vor allem durch die Instabilität beeinträchtigt, so wäre den Autoren zu Folge ein kombiniertes Vorgehen inklusive Bandrekonstruktion indiziert. Auch sie sehen hierbei kein erhöhtes perioperatives Komplikationsrisiko.

In Zusammenschau der aktuellen Studienlage stellt man fest, dass die Grenzen nicht klar definiert sind, wann eine alleinige valgierende Umstellungsosteotomie und wann die Kombination mit einer Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes indiziert sind. Sicher ist, dass ein kombiniertes Vorgehen einen hohen Anspruch an die Fähigkeiten des Operateurs stellt. Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass bei jüngeren, sportlich aktiven Patienten, bei denen vor allem die Instabilität im Vordergrund steht, eine Kombination aus Umstellung und VKB-Plastik empfohlen wird, wohingegen bei älteren Patienten mit fortgeschrittener Arthrose, bei denen vor allem die Schmerzen im Vordergrund stehen, eine alleinige Achskorrektur vorzuziehen ist. Jedoch gibt es nur wenige Studien, die beide Therapiemöglichkeiten direkt verglichen haben (Lattermann und Jakob 1996; Badhe und Forster 2002; Williams et al. 2003).

4. Material und Methoden

4.1. Patientenkollektiv

Als Einschlusskriterien für unsere klinische Studie galten:

- Medial betonte Gonarthrose bei Varuswinkel $> 0^\circ$
- Vordere Knieinstabilität
- Entsprechende operative Versorgung: HTO, HTO+VKB, HTO+VKB+OATS
- Alter zum OP-Zeitpunkt < 50 Jahre

Im Zeitraum von Oktober 1996 bis September 2007 wurden an unserer Klinik 108 Patienten, die alle oben genannten Einschlusskriterien erfüllten, am Knie operiert.

7 dieser Patienten mussten aufgrund bestimmter Kriterien aus der Studie ausgeschlossen werden. Tabelle 1 gibt dazu eine Übersicht.

Patient	Ausschlussgrund
#1	Chronische Schmerzen bei Polyarthritits
#2	Patella baja
#3	Schmerzhafte Femoropatellararthrose
#4	Schmerzhafte Femoropatellararthrose
#5	Mittlerweile mit Knie-TEP versorgt
#6	Zusätzlich autologe Chondrozytentransplantation (ACT)
#7	Zusätzlich HKB-Plastik

Tabelle 1: Ausschlusskriterien für 7 Patienten

Von diesen 101 Patienten konnten 12 Patienten nicht kontaktiert werden, für 30 Patienten war es nicht möglich für eine Untersuchung zu uns in die Klinik zu kommen, und ein Patient war nicht daran interessiert, an der Studie teilzunehmen.

Die restlichen 58 Patienten waren bereit, an der Studie teilzunehmen und zu uns in die Klinik zu kommen. Außerdem konnten wir 6 der 30 Patienten, für die es nicht möglich war zu uns zu kommen, über postalischen Weg in unsere Studie integrieren.

Somit ergibt sich ein endgültiges Patientenkollektiv von 64 Patienten, 20 Frauen und 44 Männern. Das Durchschnittsalter dieser Patienten lag zum Zeitpunkt des Eingriffs bei 37,4 Jahren (Standardabweichung=SD 8,1 Jahre).

26 Patienten dieses Kollektivs wurden neben kleineren Zusatzeingriffen nur mit einer hohen tibialen Umstellungsosteotomie behandelt (Gruppe 1: HTO).

26 Patienten erhielten den Kombinationseingriff aus hoher tibialen Umstellungsosteotomie und VKB-Plastik (Gruppe 2: HTO+VKB).

12 Patienten wurden zusätzlich zu diesem Kombinationseingriff noch mit OATS versorgt (Gruppe 3: HTO+VKB+OATS).

Während bei 33 Patienten die hohe tibiale Umstellungsosteotomie in open-wedge Technik durchgeführt wurde, bekamen 31 Patienten eine closed-wedge Umstellung. Tabelle 2 zeigt die Gruppeneinteilung im Überblick.

	Gruppe 1 (HTO)	Gruppe 2 (HTO+VKB)	Gruppe 3 (HTO+VKB+OATS)	Gesamt
Open-wedge	19	9	5	33
Closed-wedge	7	17	7	31
Gesamt	26	26	12	64

Tabelle 2: Aufteilung des Patientenkollektivs (absolute Zahlen) in die 3 Untersuchungsgruppen und nach der entsprechenden Methode der HTO (open-wedge oder closed-wedge)

Gruppe 1 bestand aus 9 Frauen und 17 Männern und war zum Operationszeitpunkt im Durchschnitt 40.5 Jahre alt (SD 6.4 Jahre). Im Mittel zeigte diese Gruppe einen Body-Mass-Index (BMI) von 27.7 kg/m² (SD 4.6 kg/m²) zum OP-Zeitpunkt. Durchschnittlich wurden diese Patienten 1.9 (SD 1.3) mal am entsprechenden Kniegelenk voroperiert und hatten einen präoperativen Varuswinkel von 6.0° (SD 3.1°). Wir konnten die Patienten durchschnittlich 4.0 Jahre (SD 2.1 Jahre) nach der Operation für unsere Studie gewinnen (Follow-Up-Zeit; FU-Zeit). Bei 19 dieser 26 Patienten wurde eine Umstellungsosteotomie in open-wedge Technik und bei 7 Patienten eine Umstellungsosteotomie in closed-wedge Technik durchgeführt. Als Zusatzeingriffe wurden in dieser Gruppe 2mal eine Außenmeniskusteilresektion und 5mal eine Innenmeniskusteilresektion vorgenommen. Ein Patient wurde zusätzlich mit einem medialen Kollagenmeniskus-Implantat (CMI) und ein Patient mit einem OATS-Transplantat behandelt.



Abbildung 11: Postoperatives Röntgenbild in antero-posterioren Strahlengang nach HTO in open-wedge Technik.

In Gruppe 2 befanden sich 7 Frauen und 19 Männer. Zum Zeitpunkt des operativen Eingriffs waren sie im Durchschnitt 35.4 Jahre (SD 7.2 Jahre) alt und erreichten einen BMI von 25.8 kg/m² (SD 3.4 kg/m²). Die Patienten hatten im Mittel 2.1 (SD 1.7) Voroperationen und zeigten einen durchschnittlichen präoperativen Varuswinkel von 5.1° (SD 2.2°). Die durchschnittliche FU-Zeit betrug bei dieser Gruppe 7.7 Jahre (SD 3.8 Jahre). Die Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes erfolgte bei 9 Patienten mit einem Transplantat aus der Semitendinosus- und Gracilissehne, 5mal in single bundle-Technik und 4mal in double bundle-Technik. 10 Patienten erhielten eine VKB-Rekonstruktion mittels Patellarsehne der gleichen Seite, 4 Patienten eine Patellarsehnenplastik der Gegenseite, und 3 wurden mit einem Allograft versorgt. Als Zusatzeingriffe sind hier 2 Innenmeniskusresektionen, eine Außenmeniskusnaht sowie eine Implantation eines CMI zu erwähnen.



Abbildung 12: Postoperatives Röntgenbild in antero-posterioren Strahlengang nach HTO in open-wedge Technik und VKB-Plastik

Gruppe 3 setzte sich aus 4 Frauen und 8 Männern zusammen. Zum Zeitpunkt der OP hatten sie ein durchschnittliches Alter von 34.8 Jahren (SD 11.1 Jahre) und erreichten einen mittleren BMI von 25.2 kg/m² (SD 2.5 kg/m²). Die Patienten hatten im Mittel 2.1 (SD 1.4) Voroperationen und der präoperative Varuswinkel der entsprechenden Kniegelenke betrug im Durchschnitt 4.3° (SD 2.2°). Die FU-Zeit betrug hier im Durchschnitt 6.4 Jahre (SD 3.8 Jahre). Während 6 Patienten dieser Untergruppe ein Patellarsehnentransplantat zur VKB-Rekonstruktion erhielten, wurden 6 Patienten mit einem Transplantat der Semitendinosus- und Gracilissehne versorgt. Bei 4 dieser Patienten wurde ein OATS-Zylinder von 10 mm Durchmesser am medialen Femurkondylus implantiert. Weitere 7 Patienten erhielten je zwei dieser OATS-Zylinder am medialen Femurkondylus und bei einem Patienten wurden 3 OATS-Zylinder von je 8 mm Durchmesser ebenfalls am medialen Femurkondylus implantiert. Zusätzlich erhielt ein Patient eine Außenmeniskusteilresektion und ein Patient hatte als Zusatzeingriffe sowohl eine Innen- als auch eine Außenmeniskusteilresektion.



Abbildung 13: Postoperatives Röntgenbild in antero-posterioren Strahlengang nach HTO in open-wedge Technik, VKB-Plastik und OATS an der medialen Femurkondyle; das OATS-Transplantat lässt sich an der leichten Knochenstufe im Bereich der medialen Femurkondyle erkennen.

Die wichtigsten Daten sind nochmals in Tabelle 3 im Gruppenvergleich übersichtlich dargestellt.

	Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3
Patientenzahl	26	26	12
Verhältnis Frauen/Männer	9 / 17	7 / 19	4 / 8
Alter bei OP (Jahre)	40.5 ±6.4	35.4 ±7.2	34.8 ±11.1
BMI bei OP (Kg/m ²)	27.7 ±4.6	25.8 ±3.4	25.2 ±2.5
Anzahl Voroperationen	1.9 ±1.3	2.1 ±1.7	2.1 ±1.4
Präop. Varuswinkel (°)	6.0 ±3.1	5.1 ±2.2	4.3 ±2.2
FU-Zeit (Jahre)	4.0 ±2.1	7.7 ±3.8	6.4 ±3.8

Tabelle 3: Epidemiologische Charakteristika der 3 Hauptgruppen, angegeben in absoluten Zahlen (Zeile 1), relativen Zahlen (Zeile 2) und Mittelwerten mit Standardabweichung (Zeilen 3-7)

4.2. Klinische Parameter präoperativ

Einhergehend mit der erneut erhebaren Anamnese zum FU-Zeitpunkt konnten aus den Akten der Patienten folgende präoperativen Daten gewonnen werden:

- Alle 64 Patienten litten präoperativ unter medialen Knieschmerzen und unter subjektiver Instabilität.
- Alle 64 Patienten zeigten präoperativ einen positiven Lachman-Test als Ausdruck einer objektiven Instabilität.
- Von den Kniegelenken wurden vor der Operation konventionelle Röntgenaufnahmen in drei Ebenen angefertigt, anhand derer wir die degenerativen Veränderungen beurteilten.
- Mithilfe der Ganzbeinaufnahmen im Zweibeinstand ermittelten wir den präoperativen Varusfehlstellungswinkel.

4.3. Nachuntersuchung

Das Ziel der Nachuntersuchung war es, den subjektiven Zustand der Patienten und den objektiven Zustand der operierten Kniegelenke zu bestimmen. Zur subjektiven Einschätzung des Gesundheitszustandes beantworteten die Patienten einen eigens dafür vorbereiteten Fragebogen (siehe Anhang). Zur objektiven Beurteilung des Kniegelenks wurde eine standardisierte klinische Untersuchung des Kniegelenks durchgeführt inklusive Lachman-Test und Pivot-Shift-Test. Die Beinachse und die Arthroseprogression wurde anhand neu angefertigter konventioneller Röntgenaufnahmen im Stehen beurteilt.

4.3.1. Anamnese, allgemeine Fragen und Scores

Zu Beginn der Nachuntersuchung wurden den Patienten anhand des Fragebogens allgemeine Fragen im Sinne einer standardisierten Anamnese gestellt. Dabei wollten wir vor allem herausfinden, wie sich ihr Kniegelenk hinsichtlich der Schmerzen, der Schwellneigung und der Instabilität im Vergleich zum Zeitpunkt unmittelbar vor der Operation entwickelt hat. Für uns war es wichtig zu erfahren, ob die Patienten auf Grund ihrer Knieschmerzen sportliche Aktivitäten reduzieren oder aufgeben mussten, und ob sie Schmerzmedikamente wegen des Knies einnahmen. Zusätzlich haben wir die Patienten gebeten, ihre momentanen Schmerzen im Sinne einer visuellen Analogskala subjektiv einzuschätzen. Darüber hinaus wollten wir wissen, wie zufrieden die Patienten mit dem damaligen Eingriff sind, und ob sie sich noch

einmal für diesen entscheiden würden. Außerdem wurden die Patienten gefragt, ob sie in der Zwischenzeit noch einmal am selben Knie operiert wurden oder einen erneuten Unfall hatten.

4.3.1.1. LYSHOLM-Score

Dieser klinische Score wurde im Jahr 1982 von Jack Lysholm und Jan Gilquist eingeführt und dient vor allem der Beurteilung von Kniegelenkinstabilitäten (Lysholm und Gillquist 1982), beinhaltet aber auch die Symptome Schmerz und Schwellung als wichtige Parameter. Die Patienten müssen 8 Fragen beantworten und können dabei ein Ergebnis im Bereich von minimal 0 bis maximal 100 Punkten erreichen, wobei pro Frage bis zu 25 Punkte vergeben werden. Eine hohe Punktzahl spricht dabei für ein gesundes Knie (siehe Anhang).

4.3.1.2. WOMAC-Score

Der Western Ontario and McMasters Universities Osteoarthritis Index (WOMAC-Score) wird zur Beurteilung der Arthrose in Hüft- und Kniegelenken eingesetzt. Bellamy et al. veröffentlichten im Jahr 1988 eine entsprechende Evaluationsstudie und erkannten ein hohes Maß an Zuverlässigkeit und Praktikabilität (Bellamy et al. 1988). Die Evaluation der deutschen Version erfolgte im Jahr 1996 durch Stucki et al. (Stucki et al. 1996). Sie umfasst insgesamt 24 Fragen, die auf drei Bereiche aufgeteilt sind. Teil A beinhaltet 5 Fragen zu Schmerzen, Teil B zwei Fragen zur Gelenksteifigkeit und Teil C 17 Fragen zur Funktionalität des Kniegelenks im Alltag. Maximal können 96 Punkte erreicht werden, wobei im Bereich „Schmerz“ 0-20 Punkte, im Bereich „Steifigkeit“ 0-8 Punkte und im Bereich „Funktionalität“ 0-68 Punkte vergeben werden. Dabei bedeutet eine hohe Punktzahl ein schlechtes Ergebnis hinsichtlich der Gesundheit des Gelenks (siehe Anhang).

4.3.1.3. IKDC-Score

Zur weiteren Evaluation bedienten wir uns der deutschen Version des Formblatts zur subjektiven Beurteilung des Kniegelenks des International Knee Documentation Committee (IKDC), das in Zusammenarbeit der American Orthopaedic Society for Sports Medicine (AOSSM) und der European Society of Sports Traumatology, Knee Surgery and Arthroscopy (ESSKA) entwickelt wurde (Hefti et al. 1993). In einer Studie aus dem Jahr 1997 zeigten Labs et al., dass die IKDC-Evaluationskriterien im Vergleich mit anderen verbreiteten Knie-Scores eine sehr gute Grundlage bieten, um das Ergebnis verschiedener Therapiemethoden zu vergleichen (Labs und Paul 1997). Das Formblatt zur subjektiven Beurteilung des Kniegelenks besteht aus 20 Fragen, in deren Mittelpunkt die Symptome Schmerzen,

Schwellung, Kniesteife und Knieschwäche sowie deren Auswirken auf die Funktionsfähigkeit des Gelenks stehen. Maximal kann ein Ergebnis von 100 Punkten erreicht werden, das bedeutet, dass die täglichen oder sportlichen Aktivitäten keinen Beschränkungen unterliegen und dass keine Symptome vorliegen (siehe Anhang).

4.3.1.4. TEGNER-Aktivitäts-Score

Tegner und Lysholm entwickelten im Jahr 1985 (Tegner und Lysholm 1985) einen Score, der Patienten, die vornehmlich unter Bandinstabilitäten am Kniegelenk leiden, gemäß ihrer sportlichen, beruflichen und alltäglichen Aktivitäten in 11 Gruppen (Gruppe 0 bis Gruppe 10) einteilt. Je nach subjektivem Einschätzen weist sich dabei jeder Patient selbst einer dieser Gruppen zu. Beginnend mit „Arbeitsunfähigkeit“ (Gruppe 0), gefolgt von „überwiegend sitzender Arbeit“ (Gruppe 1) steigert sich der Aktivitätsgrad von Gruppe zu Gruppe über beispielsweise „Badminton oder Tennis als Freizeitsport“ (Gruppe 6) bis hin zu „Fußball als Leistungssport auf nationalem und internationalem Niveau“ (Gruppe 10). Dabei kommt es nicht darauf an, ob die Patienten diese Art der körperlichen Aktivität tatsächlich regelmäßig ausüben, sondern ob es für sie aus subjektiver Sicht möglich wäre, diese Aktivitäten regelmäßig auszuüben (siehe Anhang).

4.3.2. Klinische Untersuchung

Bei allen 58 Patienten der Studie, die im Rahmen des Follow-up zu uns in die Klinik kommen konnten, wurde eine gründliche und standardisierte klinische Untersuchung durchgeführt, in der wir das Kniegelenk vor allem hinsichtlich Erguss, Beweglichkeit, Stabilität, Arthrosezeichen, Schmerzen und Funktion beurteilten. Bei der Auswertung haben wir uns an den Einteilungen des IKDC-Untersuchungsprotokolls orientiert (Hefti et al. 1993). Zu betonen ist hier, dass alle Patienten von demselben Untersucher untersucht wurden.

Die Beweglichkeit wurde sowohl aktiv als auch passiv im Seitenvergleich geprüft und im Sinne der Neutral-Null-Methode bewertet. Bewegungsdefizite des operierten Kniegelenks im Vergleich zur Gegenseite wurden dabei den Intervallen $<3^\circ$, $3-5^\circ$, $6-10^\circ$ und $>10^\circ$ für ein Streckdefizit und den Intervallen $<5^\circ$, $6-15^\circ$, $16-25^\circ$ und $>25^\circ$ für ein Beugedefizit zugeordnet.

Auch die Ligamentuntersuchungen wurden im Seitenvergleich durchgeführt. Der Lachman-Test erfolgte manuell bei 25° Beugung und die Ergebnisse wurden hinsichtlich der Seitendifferenz auf die Bereiche $-1-2$ mm, $3-5$ mm, $6-10$ mm und > 10 mm verteilt (Hefti et al. 1993). Die Qualität des vorderen Anschlags differenzierten wir dabei in „fest“ und

„unsicher“. Zur weiteren Beurteilung der Kniestabilität in der Sagittalebene wurde die gesamte antero-posteriore Translation in 25° und 70° Beugung sowie die hintere Schublade in 70° Beugung bestimmt. Die Seitendifferenzen dieser drei Tests wurden auf die Intervalle 0-2 mm, 3-5 mm, 6-10 mm und >10 mm verteilt (Hefti et al. 1993). Dieselbe Einteilung galt für die Weite der Gelenkspaltöffnung beim Valgus- und Varusstresstest in Kniestreckung und in 30° Beugung. Die posterolaterale Stabilität haben wir durch den Außenrotationstest in 30° und in 90° Kniebeugung geprüft und verteilten die Ergebnisse der Seitendifferenz auf die Bereiche <5°, 6-10°, 11-19° und >20°. Beim Pivot-Shift-Test unterschieden wir bezüglich der Qualität des Pivotierens zwischen „negativ“, „einfach positiv“ (Gleiten), „zweifach positiv“ (dumpf) und „dreifach positiv“ (laut) (Hefti, Müller et al. 1993).

Im weiteren Verlauf der klinischen Untersuchung wurde bei den Patienten, die eine autologe Kreuzbandplastik erhalten haben, die Transplantatentnahmemorbidität geprüft. Diejenigen mit einem Patellarsehnentransplantat wurden auf einen Druckschmerz über dem distalen Patellapol und der Tuberositas tibiae untersucht und die Patienten mit einer Semitendinosus/Gracilis-Plastik auf einen Druckschmerz über dem Pes anserinus im Bereich der proximalen Facies medialis tibiae. Die Morbidität wurde dabei den Bereichen „keine“, „gering“, „mäßig“ und „deutlich“ zugeteilt.

Zusätzlich untersuchten wir das operierte Kniegelenk auf Krepitationen, indem wir es passiv langsam in Flexion und Extension bewegten. Zur Beurteilung des medialen Gelenkkompartiments wurde das Kniegelenk dabei in eine leichte Varusstellung gebracht und die tastende Hand auf die Knieinnenseite gelegt und zur Beurteilung des lateralen Gelenkkompartiments wurde das Knie in eine leichte Valgusstellung gedrückt und die tastende Hand auf die Aussenseite des Gelenks gelegt. Das Femoropatellargelenk wurde in seitlicher Neutralstellung mit der Hand auf der Kniescheibe beurteilt. Es wurde vermerkt, ob „keine“ oder „mäßige“ Krepitationen zu spüren oder zu hören waren, oder ob der Patient bei der Untersuchung sogar „leichte“ oder „starke“ Schmerzen verspürt hat.

Um die Funktion des Kniegelenks zu prüfen wurde der Patient gebeten einmal so weit wie möglich auf einem Bein zu springen (Hefti et al. 1993). Bei diesem sog. „single-leg-hop-test“ war darauf zu achten, dass der Patient wirklich mit nur einem Bein aus dem Stand abgesprungen und auch nur auf einem Bein wieder gelandet ist. Die erreichte Weite wurde in cm gemessen und im Verhältnis zur Gegenseite in Prozent bewertet, wobei die Ergebnisbereiche $\geq 90\%$, 89-76%, 75-50% und <50% unterschieden wurden (Hefti et al. 1993).

Grundlegende Voraussetzung für die Gültigkeit aller oben genannten Untersuchungen im Seitenvergleich war, daß das Knie der Gegenseite im Bereich der geprüften Struktur keine Vorschädigungen aufwies, sondern unversehrt war. Da bei 2 Patienten der Gruppe 1, bei 2 Patienten der Gruppe 2 und bei 3 Patienten der Gruppe 3 am Kniegelenk der Gegenseite bereits eine VKB-Operation stattgefunden hatte, konnte daher bei diesen Patienten eine objektive Prüfung der vorderen Stabilität des zu untersuchenden Kniegelenks nicht durchgeführt werden. Ebenso konnten bei diesen Patienten eine Beurteilung der Streck- und Beugefähigkeit sowie die Funktionsprüfung des operierten Kniegelenks beim einbeinigen Weitsprung im Vergleich zur gesunden Gegenseite nicht erfolgen.

4.3.3. Maschinelle Untersuchung (KT2000™ Arthrometer)

Eine Möglichkeit zur standardisierten Objektivierung der vorderen Instabilität der operierten Kniegelenke bietet der KT2000™ Arthrometer der Firma MEDmetric® (Kalifornien/USA), eine Weiterentwicklung des KT1000™ Arthrometer, der von den Orthopäden Dale M. Daniel und Lawrence L. Malcom, dem MEDmetric®-Gründer, entwickelt und im Jahr 1982 auf den Markt gebracht wurde. In einer vergleichenden Studie mit anderen apparativen Untersuchungsverfahren der Knieinstabilität bescheinigten Queale et al. (Queale et al. 1994) dem KT2000™ die größte Messzuverlässigkeit bei der Beurteilung von Gelenken mit vorderer Instabilität. Mithilfe des Gerätes lässt sich die anteriore Translationsstrecke des Unterschenkels gegenüber dem Oberschenkel bei definierten Zugkräften millimetergenau bestimmen. Um dabei zuverlässige und vergleichbare Ergebnisse zu erlangen, sind vor allem eine korrekte Positionierung des Gerätes sowie eine konstante Messtechnik von entscheidender Bedeutung. Da auch diese Untersuchung im Seitenvergleich der beiden Kniegelenke erfolgt, muss auch hier wieder Wert darauf gelegt werden, dass das Bezugsknie keine Ligamentläsionen oder Instabilitäten aufweist. Deshalb musste auch hier auf die Untersuchung der bereits oben genannten Patienten verzichtet werden.

Die Patienten der Studie wurden in möglichst entspannter Position auf dem Rücken liegend untersucht, wobei eine konstante Kniebeugung von 25° durch eine Unterstützungshilfe leicht proximal der Kniekehle (Abbildung 14: G) eingestellt wurde. Um einer unwillkürlichen Außenrotation im Hüftgelenk während der Untersuchung entgegenzuwirken, wurde ein Gurt um den mittleren Anteil des Oberschenkels gelegt, so dass die Kniescheiben genau nach oben zeigten. Außerdem wurde eine Außenrotation der Unterschenkel durch seitliche Unterstützungsflächen (Abbildung 14: H) exakt distal der Malleoli laterales unterbunden. Erst als der Patient so positioniert war, wurde das Gerät gemäß Abbildung 14 angelegt.

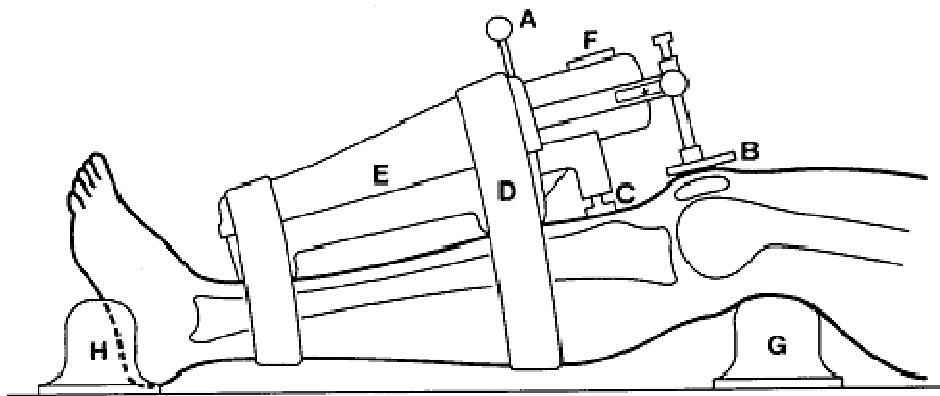


Abbildung 14 (Malcom et al. 1985): Schematische Darstellung der Untersuchung mit dem KT2000™ Arthrometer; A: Handgriff; B: Patellare Messfläche; C: Tibiale Messfläche; D: Proximaler Befestigungsgurt; E: Gehäuse; F: Millimeter-Anzeige; G: Unterstützung des Oberschenkels; H: Unterstützung des Fußes.

Bei allen Patienten wurde zunächst das nichtoperierte Kniegelenk gemessen, dann erst das operierte. Während mit der einen Hand die Patellaunterstützungsfläche (Abbildung 14: B) stabilisiert wurde, zog man mit der anderen Hand langsam mit zunehmender Kraft am Handgriff des Arthrometers (Abbildung 14: A). Dabei ertönten drei Töne unterschiedlicher Frequenz, die die Zugkräfte bei 67 Newton, 89 Newton bzw. 134 Newton repräsentieren. Auf der Millimeter-Anzeige (Abbildung 14: F) ließ sich die anteriore Translation bei entsprechender Zugkraft ablesen. An beiden Knien haben wir die Messungen für die 3 Zugkraftwerte je dreimal durchgeführt und haben anschließend dreimal die maximal mögliche Translationsstrecke an beiden Gelenken gemessen. Die Ergebnisse aller Messungen wurden in eine Tabelle eingetragen und daraus die Durchschnittswerte bei 67 N, 89 N, 134 N und maximaler Zugkraft für jedes Knie einzeln gebildet. Für das Endergebnis ausschlaggebend sind die Seitendifferenzen der Durchschnittswerte bei 134 Newton. Für 2 Patienten der Gruppe 2 war diese Untersuchung jedoch so schmerzhaft, dass die Ergebnisse nicht verwertet werden konnten, so dass insgesamt 49 Patienten unserer Studie mit dem KT2000™ Arthrometer untersucht werden konnten.

4.3.4. Radiologische Untersuchung

Ein weiterer wichtiger Teil unserer Studie war die radiologische Beurteilung der operierten Kniegelenke. Mittels der vor der Operation angefertigten konventionellen Röntgenbilder der Kniegelenke im antero-posterioren Strahlengang ließ sich eine Aussage über den präoperativen Zustand hinsichtlich degenerativer Veränderungen machen. Im Vergleich mit den Röntgenaufnahmen der Follow-up-Untersuchung konnten wir nun die postoperative Entwicklung radiologischer Arthrosezeichen beurteilen. Außerdem konnte mit Hilfe dieser aktuellen Bilder eine Aussage über die Beinachse der operierten Kniegelenke gemacht werden, die dann wiederum mit der präoperativen Beinachse verglichen wurde. Dadurch ließ sich jeweils der tatsächliche Wert der Achsenkorrektur abschätzen.

Bei 48 der 64 Patienten unserer Studie hatten wir zur Beurteilung des Ausgangsstatus die Möglichkeit auf präoperative konventionelle Röntgenbilder im a.p.-Strahlengang zurückzugreifen. Diese wurden im Durchschnitt 52 Tage vor dem Eingriff angefertigt. Bei weiteren 9 Patienten haben wir dafür maximal 37 Tage postoperativ (Durchschnitt: 8,6 Tage) angefertigte Bilder mit derselben Aufnahmetechnik verwendet. Der Einfachheit halber werden auch diese Röntgenaufnahmen im Folgenden als „präoperativ“ bezeichnet. Bei 7 Patienten unserer Studie hatten wir leider keine konventionellen Röntgenbilder aus der perioperativen Zeit zur Verfügung.

Im Rahmen unserer Follow-up-Untersuchung haben wir von 58 Patienten der Studie erneut konventionelle Röntgenaufnahmen der operierten Kniegelenke angefertigt. Diese Bilder wurden im Stehen im antero-posterioren Strahlengang und mit einer großen Röntgenplatte, die von ca. 20 cm proximal bis 20 cm distal des Kniegelenkspaltes reichte, aufgenommen. Mit Hilfe dieser Aufnahmetechnik ließ sich sowohl der momentane Status bezüglich degenerativer Veränderungen beurteilen, als auch eine Aussage über die aktuelle Beinachse treffen. Tabelle 4 zeigt eine Übersicht der Patienten hinsichtlich der angefertigten Röntgenbilder.

	Rx präoperativ	Rx Follow-up	Rx präop.+FU
Gruppe 1	22	25	22
Gruppe 2	24	24	22
Gruppe 3	11	9	9
Gesamt	57	58	53

Tabelle 4: Überblick über die angefertigten Röntgenaufnahmen aufgeteilt auf die 3 Untersuchungsgruppen. Die erste Spalte zeigt die Anzahl der präoperativen Aufnahmen, die zweite Spalte die Anzahl der FU-Aufnahmen, und die dritte Spalte gibt einen Überblick über die Anzahl der Patienten, von denen wir sowohl präoperative als auch FU-Aufnahmen zur Verfügung hatten.

4.3.4.1. Kellgren-Lawrence-Klassifikation

Zur Beurteilung degenerativer Veränderungen eines Gelenkes ist die Anfertigung konventioneller Röntgenbilder unerlässlich. So stützt sich auch die Diagnose der Gonarthrose auf bestimmte radiologische Landmarken, wie das Vorhandensein von Gelenkspaltverschmälerung, osteophytären Formationen, subchondralen Sklerosierungen oder Deformierungen der Knochenenden. Die Schwere der Veränderungen lässt sich mit Hilfe der Klassifikation nach Kellgren und Lawrence (Kellgren und Lawrence 1957; Kellgren JH 1963) in 5 Grade einteilen:

- Grad 0: keine Anzeichen für Arthrose
- Grad 1: fragliche Arthrose
- Grad 2: minimale Arthrose
- Grad 3: mäßige Arthrose
- Grad 4: schwere Arthrose

Im *Atlas of standard radiographs (1963)* (Kellgren JH 1963) wird diese Einteilung gemäß Tabelle 5 noch genauer definiert.

Grad	Beschreibung
Grad 0	Keine Arthrosezeichen
Grad 1	Fragliche Gelenkspaltverschmälerung und mögliche osteophytäre Ausziehungen
Grad 2	Eindeutige Osteophyten und mögliche Gelenkspaltverschmälerung
Grad 3	Mäßige, multiple Osteophyten, eindeutige Gelenkspaltverschmälerung, leichte Sklerosierung und mögliche Deformierung der Knochenenden
Grad 4	Große Osteophyten, merkliche Gelenkspaltverschmälerung, schwere Sklerosierung und eindeutige Deformierung der Knochenenden

Tabelle 5: Kriterien zur Beurteilung der Gonarthrose nach Kellgren & Lawrence (Kellgren JH 1963)

Sowohl die präoperativen Röntgenbilder als auch die bei der Follow-up-Untersuchung angefertigten Bilder wurden von uns gemäß der Einteilung nach Kellgren und Lawrence beurteilt. Dabei ist jede Aufnahme von immer denselben 3 Untersuchern unabhängig voneinander bewertet worden. Aus diesen 3 Werten wurde anschließend jeweils der Mittelwert als endgültiges Ergebnis für das jeweilige Röntgenbild ermittelt. Vergleicht man nun die Werte für das präoperative Bild eines Patienten jeweils mit dem Wert für die FU-Aufnahme desselben Patienten, so lässt sich eine Aussage über die postoperative Entwicklung von radiologischen Arthrosezeichen machen.

4.3.4.2. Beinachse

Ziel der valgisierenden Tibiakopf Umstellungsosteotomie ist es, die mechanische Beinachse nach lateral zu verschieben, um das mediale Gelenkkompartiment zu entlasten. Da eine varische Beinachse das Risiko der Verschlechterung einer medialen Gonarthrose erhöht (Sharma et al. 2001), ist es von großer Bedeutung für unsere Studie, ob dieses Ziel operativ erreicht wurde bzw. die erfolgte Umstellung im postoperativen Verlauf gehalten werden konnte, oder ob die Patienten weiterhin eine Varusfehlstellung aufweisen.

In der jüngeren Fachliteratur lässt sich eine Publikation finden, die die Möglichkeit beschreibt, auf Basis der anatomischen Beinachse einen sehr guten Näherungswert für die mechanische Beinachse zu berechnen (Hinman et al. 2006). Als Grundlage dient eine konventionelle antero-posteriore Röntgenaufnahme des Kniegelenks im Stehen. Die anatomische Achse des Femurs ist definiert als Verbindungslinie vom Mittelpunkt der

Eminentia intercondylaris zu einem Punkt, der sich 10 cm proximal der Eminentia genau in der Mitte zwischen medialer und lateraler Seitenfläche des Femurschafts befindet. Die anatomische Achse der Tibia ist definiert als Verbindungslinie vom Mittelpunkt der Eminentia intercondylaris zu einem Punkt, der sich 10 cm distal der Eminentia genau in der Mitte zwischen medialer und lateraler Seitenfläche des Tibiaschafts befindet. Der Winkel, der durch diese beiden Linien gebildet wird, gibt die anatomische Beinachse wieder, wobei ein Winkel von 180° eine gerade Achse, ein Winkel von $<180^\circ$ eine varische Achse und ein Winkel von $>180^\circ$ eine valgische Achse bedeutet.

Hinman et al. (Hinman et al. 2006) geben zur Berechnung der mechanischen Beinachse folgende Formel an:

$$\text{“Mechanische Achse”} = (0,915 \times \text{“anatomische Achse”}) + 13,895$$

Laut ihrer Studie besteht eine exzellente Korrelation zwischen anatomischer und mechanischer Beinachse mit einem Korrelationskoeffizienten von $r = 0,88$.

Auch hier wurde bei allen Röntgenaufnahmen, die im Rahmen unserer Follow-up-Untersuchung angefertigt worden waren, die anatomische Beinachse von denselben 3 Untersuchern unabhängig voneinander bestimmt. Aus diesen 3 Werten wurde wiederum der Mittelwert gebildet und anschließend mithilfe oben genannter Formel die mechanische Beinachse näherungsweise bestimmt.

Mit diesen Aufnahmen musste vom normalen Untersuchungsablauf unserer Abteilung nicht abgewichen werden, eine valgisierende HTO postoperativ zu kontrollieren. Es konnte hierfür jedoch eine strahlenärmere Untersuchung als die Ganzbeinaufnahme verwendet werden.

4.4. Statistik

Die statistische Analyse der Studiendaten erfolgte mithilfe der Software IBM SPSS Statistics (Version 19). Bei der deskriptiven Auswertung von quantitativ stetigen Merkmalen wurden vornehmlich der entsprechende Mittelwert und die Standardabweichung angegeben. Die graphische Darstellung dieser Daten erfolgte mittels Boxplots, wobei die obere Grenze der Box das obere Quartil, die untere Grenze der Box das untere Quartil, der waagrechte Balken den Median und die Antennen die Spannweite der Daten angeben. Die deskriptive Auswertung von qualitativen Merkmalen erfolgte mittels der Angabe von absoluten und relativen Häufigkeiten, sowie mittels Säulendiagrammen zur graphischen Darstellung. Zur

Prüfung der Daten auf Normalverteilung wurde der Kolmogorov-Smirnov-Test verwendet. Lediglich die Datensätze zur Visuellen Analog Skala (VAS) sowie zur Bestimmung der mechanischen Beinachse in der FU-Untersuchung ließen die Annahme einer Normalverteilung zu, so dass hier zum statistischen Vergleich der Gruppen eine Varianzanalyse angewandt wurde. Bei allen anderen Datensätzen lag keine Normalverteilung vor. Daher erfolgte die schließende statistische Analyse dieser Daten mithilfe des Kruskal-Wallis-Tests. Sofern sich hier statistisch signifikante Unterschiede zeigten, wurden die Ergebnisse der einzelnen Gruppen nochmals mittels Mann-Whitney-Test im gepaarten Modell analysiert.

Das kritische Signifikanzniveau α wurde auf 5% festgelegt, wobei $p < 0,05$ als signifikant und $p < 0,01$ als hoch signifikant galt.

5. Ergebnisse

5.1. Anamnese, allgemeine Fragen und Scores

Die Auswertung der Fragebögen hat ergeben, dass von den insgesamt 64 Patienten unserer Studie 43 Patienten (67.2%) „sehr zufrieden“ mit der damaligen Operation waren, 17 Patienten (26.6%) waren „zufrieden“, 3 Patienten (4.7%) waren „mäßig zufrieden“ und 1 Patient (1.6%) war „unzufrieden“. Ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den Patientengruppen besteht hier nicht. Diagramm 1 zeigt die entsprechende prozentuale Aufteilung innerhalb der Gruppen.

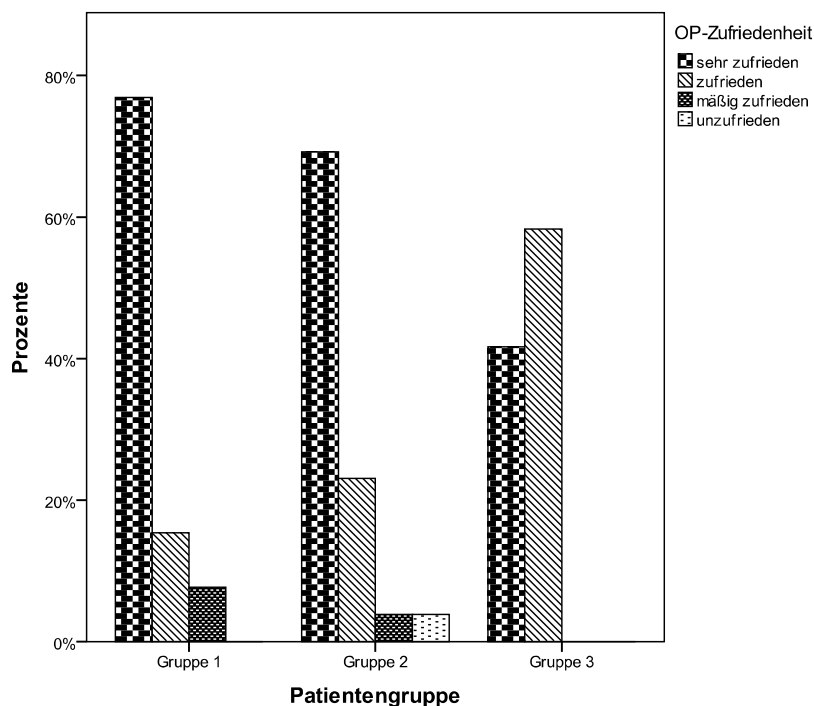


Diagramm 1:

OP-Zufriedenheit in Gruppe 1, 2 und 3. Angabe der relativen Patientenzahlen innerhalb der Gruppen.

Insgesamt würden sich 60 Patienten (93.8%) noch einmal der erfolgten Operation unterziehen, während 4 Patienten (6.2%) sich nicht noch einmal der damaligen Operation unterziehen würden, wenn sie sich erneut in der damaligen präoperativen Situation befänden. Von diesen 4 Patienten gehören 2 zu Gruppe 1, einer zu Gruppe 2 und einer zu Gruppe 3.

Hinsichtlich der postoperativen Schmerzentwicklung gaben 27 Patienten (42.2%) an, dass sich die Schmerzen im Vergleich zum Zeitpunkt vor der Operation „stark gebessert“ hätten, bei 23 Patienten (35.9%) hätten sich die Schmerzen „gebessert“, bei 8 Patienten (12.5%) wären sie „gleich“, bei 4 Patienten (6.3%) hätten sie sich „verschlechtert“ und bei 2 Patienten (3.1%) „stark verschlechtert“. Auch hier besteht kein statistisch signifikanter Unterschied

zwischen den 3 Patientengruppen. Diagramm 2 gibt einen Überblick über die relative Aufteilung der Schmerzentwicklung innerhalb der 3 Patientengruppen.

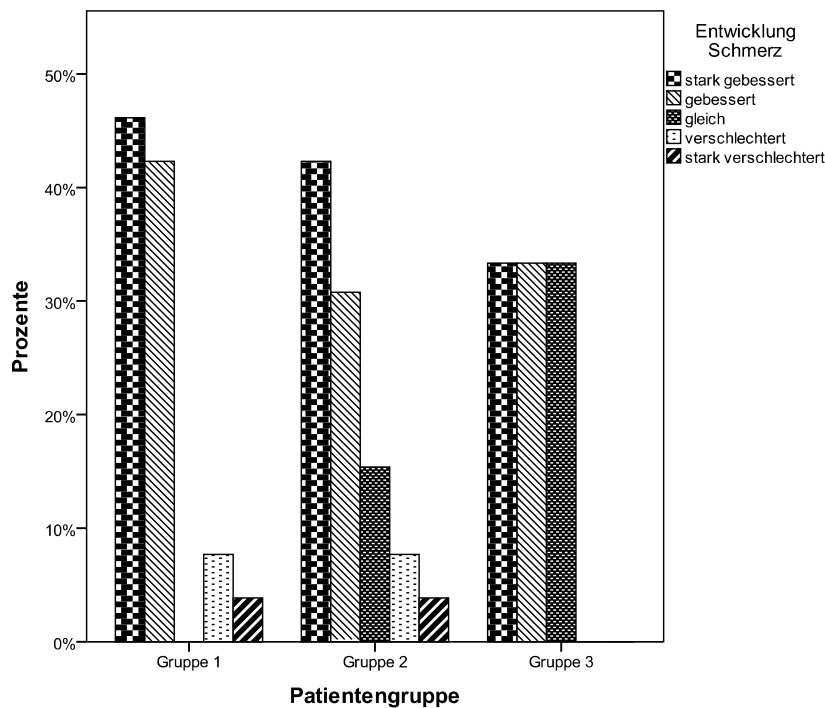


Diagramm 2:

Entwicklung der Schmerzen im Vergleich zum Zeitpunkt vor der Operation in Gruppe 1, 2 und 3. Angabe der relativen Patientenzahlen innerhalb der Gruppen.

Zur Schwellungsneigung des operierten Kniegelenks befragt gaben insgesamt 17 Patienten (26.6%) an, dass sich diese im Vergleich zum Zeitpunkt vor der Operation „stark gebessert“ habe, bei 18 Patienten (28.1%) habe sie sich „gebessert“, bei 24 Patienten (37.5%) sei sie „gleich“, bei 5 Patienten (7.8%) habe sie sich „verschlechtert“ und bei keinem Patienten habe sie sich „stark verschlechtert“. Ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den Patientengruppen ist auch hier nicht zu verzeichnen. Die prozentuale Aufteilung innerhalb der Patientengruppe hinsichtlich der Schwellungsneigung zeigt Diagramm 3.

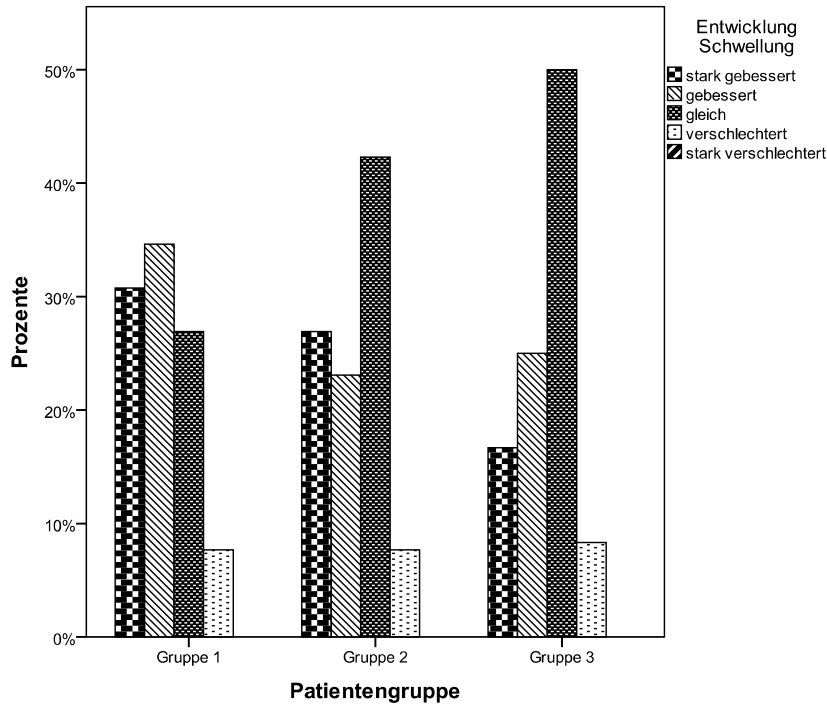


Diagramm 3:
Entwicklung der Schwellungsneigung im Vergleich zum Zeitpunkt vor der Operation in Gruppe 1, 2 und 3. Angabe der relativen Patientenzahlen innerhalb der Gruppen.

Die Auswertung der Frage zur Entwicklung der Instabilität hat ergeben, dass sich diese bei 20 Patienten (31.3%) „stark gebessert“ und bei 31 Patienten (48.4%) „gebessert“ habe, während sie bei 13 Patienten (20.3%) „gleich“ sei. Kein Patient gab an, dass sich die Instabilität des operierten Kniegelenks im Vergleich zum Zeitpunkt vor der Operation „verschlechtert“ oder „stark verschlechtert“ habe. Zwischen den 3 Patientengruppen ist hier ebenfalls kein statistisch signifikanter Unterschied festzustellen. Die relative Aufteilung der Ergebnisse hinsichtlich der Instabilität innerhalb der drei Gruppen zeigt Diagramm 4.

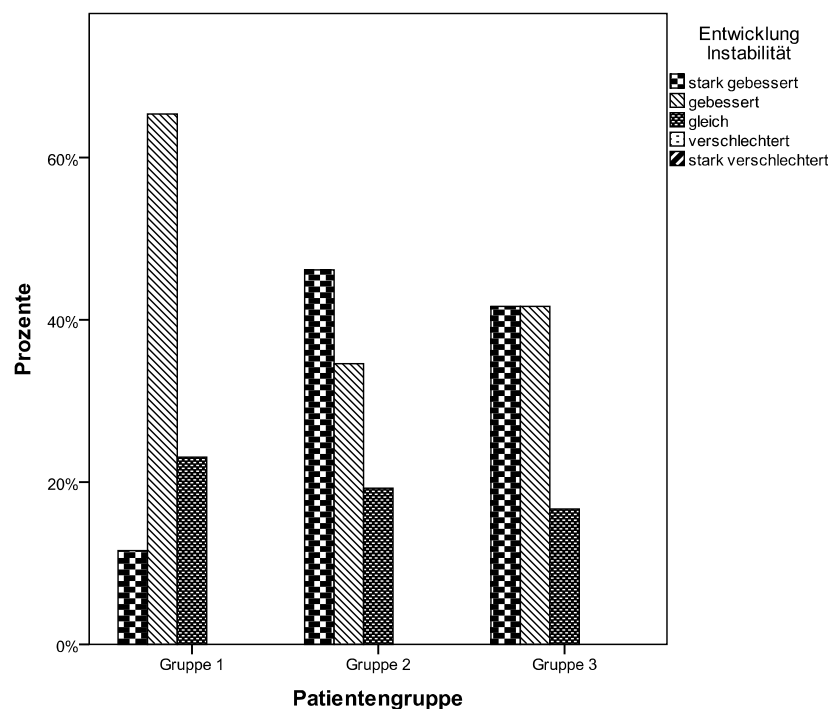


Diagramm 4:
Entwicklung der subjektiven Knieinstabilität im Vergleich zum Zeitpunkt vor der Operation in Gruppe 1, 2 und 3. Angabe der relativen Patientenzahlen innerhalb der Gruppen.

Die Befragung der Patienten hat außerdem ergeben, dass im Zeitraum zwischen der Operation und der Nachuntersuchung bei nur 7 Patienten (10.9%) weitere Operationen (neben der Entfernung der Osteotomieplatte) am entsprechenden Kniegelenk nötig waren. Tabelle 6 zeigt einen Überblick über diese Patienten und die jeweiligen Eingriffe.

Patientengruppe	Patient	Eingriff(e)
Gruppe 1	#1	2x Wundrevision nach Metallentfernung
	#2	ASK + Knorpeltherapie
	#3	3x offene Spülung bei postoperativer Infektion
Gruppe 2	#1	IM-Teilresektion + POL-Release + Zyklopsresektion
	#2	ASK + IM-Teilresektion
Gruppe 3	#1	3x offene Spülung bei postoperativer Infektion
	#2	ASK + Arthrolyse

Tabelle 6: Operative Eingriffe am entsprechenden Kniegelenk seit der „Haupt-OP“ in Gruppe 1, 2 und 3.

Die restlichen 57 Patienten (89.1%) mussten sich bisher (ausgenommen der Entfernung der Osteotomieplatte) keinen weiteren Operationen unterziehen.

Kein Patient hat angegeben, dass sich seit der Operation erneut ein Unfall am entsprechenden Kniegelenk ereignet hätte.

Nach der aktuellen Schmerzsituation befragt gaben insgesamt 4 Patienten (6.3%) an, unter „starken Schmerzen“ im operierten Kniegelenk zu leiden. 11 Patienten (17.2%) gaben „mäßige Schmerzen“, 32 Patienten (50%) „gelegentlich leichte Schmerzen“, und 17 Patienten (26.6%) „keine Schmerzen“ an. Auch hier ergibt sich kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den Patientengruppen. Die entsprechenden prozentualen Ergebnisse innerhalb der einzelnen Patientengruppen werden in Diagramm 5 wiedergegeben.

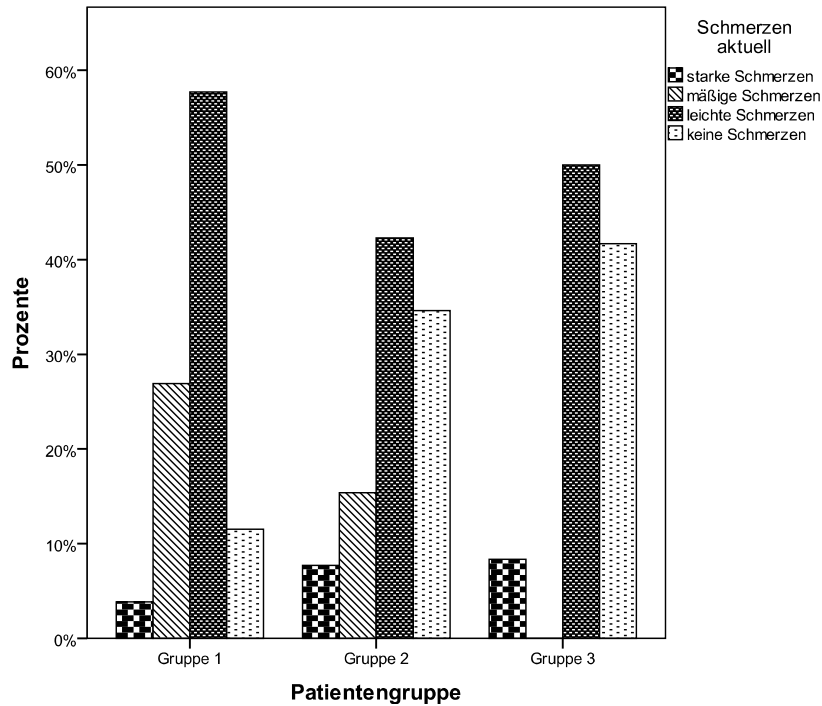


Diagramm 5:
Aktuelle Schmerzsituation am operierten Kniegelenk in Gruppe 1, 2 und 3. Angabe der relativen Patientenzahlen innerhalb der Gruppen.

Befragt nach dem aktuellen Ausmaß ihrer sportlichen Aktivität gaben insgesamt 11 Patienten (17.2%) an, überhaupt keinen Sport zu machen, wohingegen 37 Patienten (57.8%) 1-2mal pro Woche, und 16 Patienten (25%) sogar 3-5mal pro Woche Sport trieben. Kein Patient gab an, öfter als 5mal pro Woche sportlich aktiv zu sein. Auch hier ergibt sich kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den 3 Patientengruppen. Die prozentualen Ergebnisse der einzelnen Patientengruppen hierzu sind in Diagramm 6 wiedergegeben.

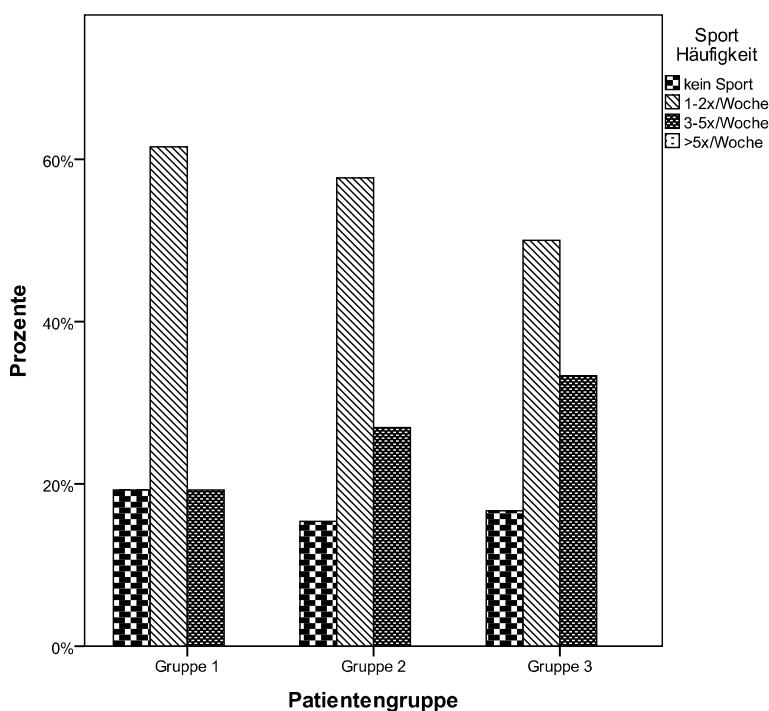


Diagramm 6:
Ausmaß der aktuellen sportlichen Aktivitäten in Gruppe 1, 2 und 3. Angabe der relativen Patientenzahlen innerhalb der Gruppen.

Die Patientenbefragung hat außerdem ergeben, dass zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung 57 Patienten (89.1%) „keine“ und 7 Patienten (10.9%) „bei Bedarf“ Medikamente aufgrund von Schmerzen im operierten Kniegelenk einnahmen. Kein Patient gab an, regelmäßig auf Schmerzmedikamente zurückgreifen zu müssen. Ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen ist erneut nicht festzustellen. Diagramm 7 zeigt hierzu wiederum die relativen Ergebnisse nach Gruppenzugehörigkeit der Patienten.

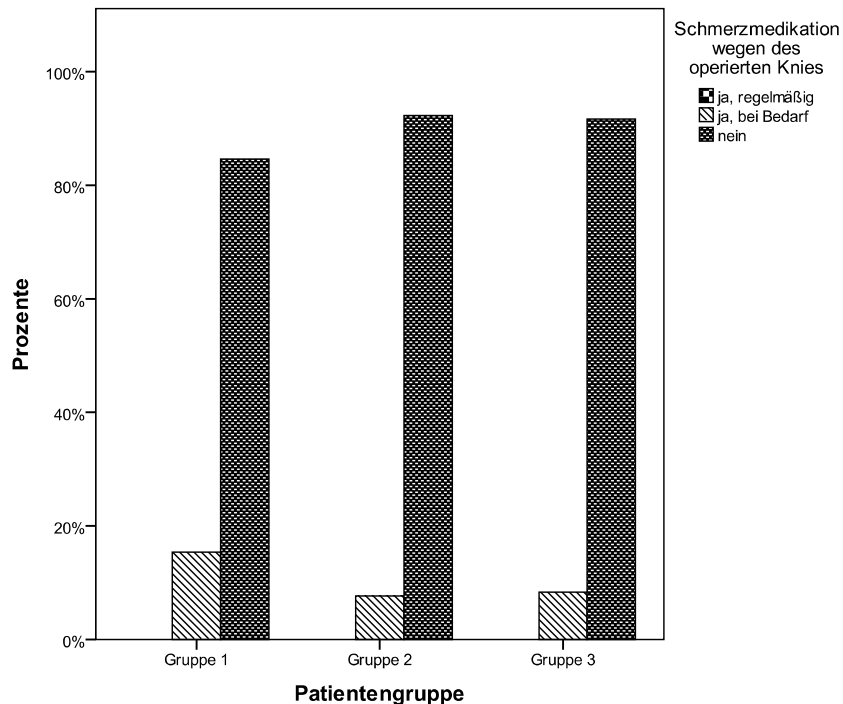


Diagramm 7:

Aktuelle Schmerzmedikation aufgrund von Schmerzen im Bereich des operierten Kniegelenks in Gruppe 1, 2 und 3. Angabe der relativen Patientenzahlen innerhalb der Gruppen.

Die Auswertung der Visuellen Analogskala (VAS) ergab für das gesamte Patientenkollektiv einen mittleren Wert von 2.61 bei einer Standardabweichung (SD) von 1.80. Patientengruppe 1 erzielte dabei einen Durchschnittswert von 2.88 (SD 1.66), Patientengruppe 2 einen Durchschnittswert von 2.44 (SD 1.93), und Patientengruppe 3 einen Durchschnittswert von 2.37 (SD 1.87). Im Gruppenvergleich ergibt sich auch hier kein statistisch signifikanter Unterschied. Diagramm 8 zeigt die Ergebnisse der drei Patientengruppen im Überblick.

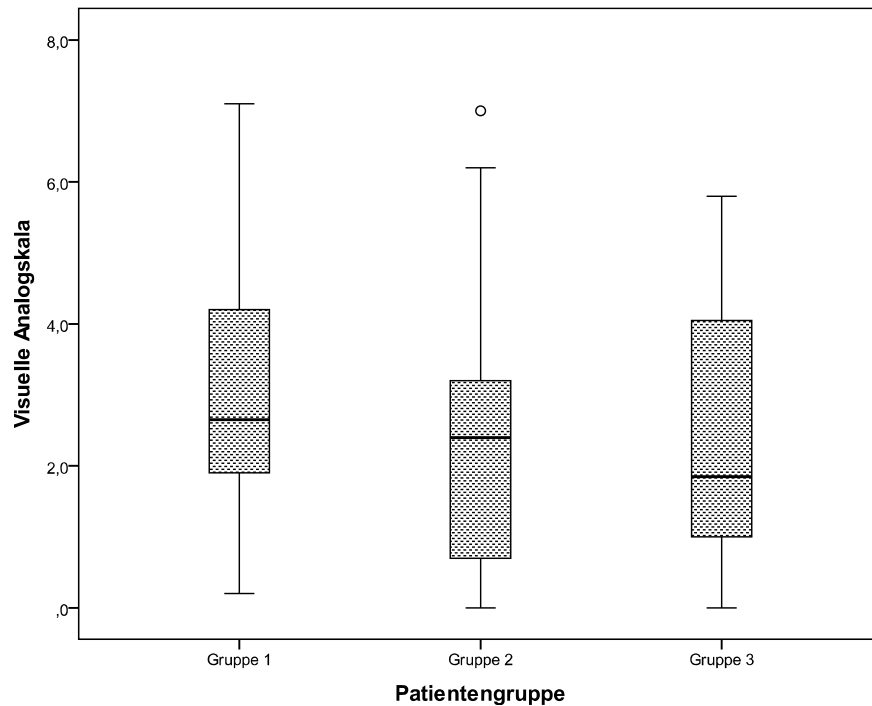


Diagramm 8: Visuelle Analogskala für Schmerzen in Gruppe 1, 2 und 3. Darstellung der Ergebnisse innerhalb der Gruppen mittels Boxplot.

5.1.1. Lysholm-Score

Das gesamte Patientenkollektiv erreichte beim Lysholm-Score im Durchschnitt ein Ergebnis von 73.5 Punkten (SD 17.0). Dabei erzielte Gruppe 1 einen Wert von 69.4 (SD 15.7), Gruppe 2 einen Wert von 78.3 (SD 16.4) und Gruppe 3 einen Wert von 71.9 (SD 19.5) Punkten. Ein statistisch signifikanter Unterschied konnte nicht gezeigt werden. Diagramm 9 zeigt die Ergebnisse im graphischen Überblick.

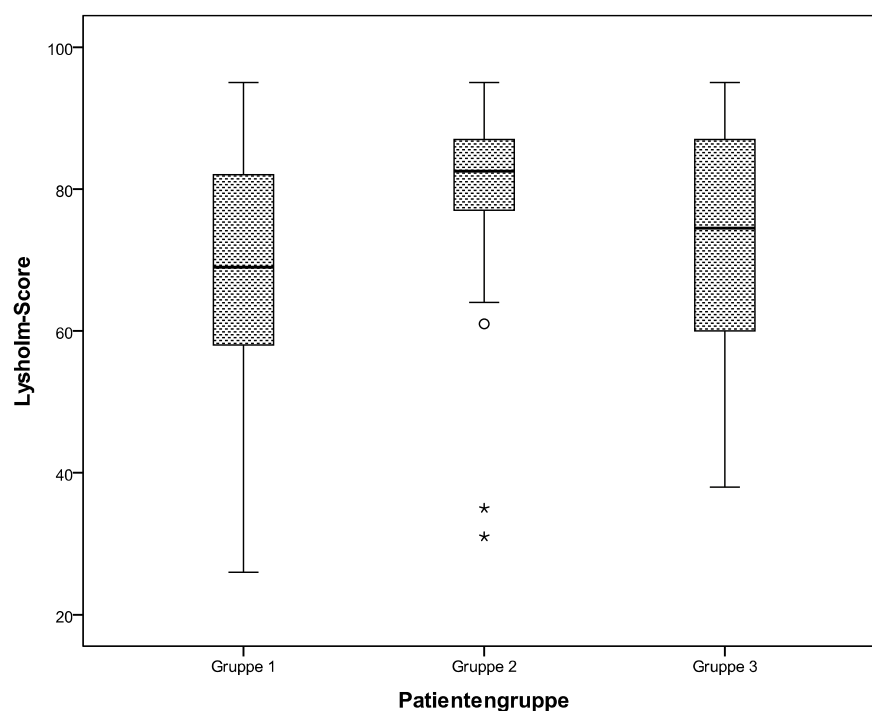


Diagramm 9: Lysholm-Score in Gruppe 1, 2 und 3. Darstellung der Ergebnisse innerhalb der Gruppen mittels Boxplot.

5.1.2. WOMAC-Score

Bei der Auswertung des WOMAC-Scores erreichten alle Studienpatienten zusammen ein mittleres Ergebnis von 9.2 Punkten (SD 10.9). Die gruppenspezifischen Mittelwerte lagen hier bei 11.7 (SD 12.1) für Gruppe 1, bei 7.2 (SD 9.1) für Gruppe 2 und bei 8.4 (SD 11.5) für Gruppe 3. Ein statistisch signifikanter Unterschied war nicht festzustellen. Die Ergebnisse innerhalb der Gruppen sind in Diagramm 10 graphisch dargestellt.

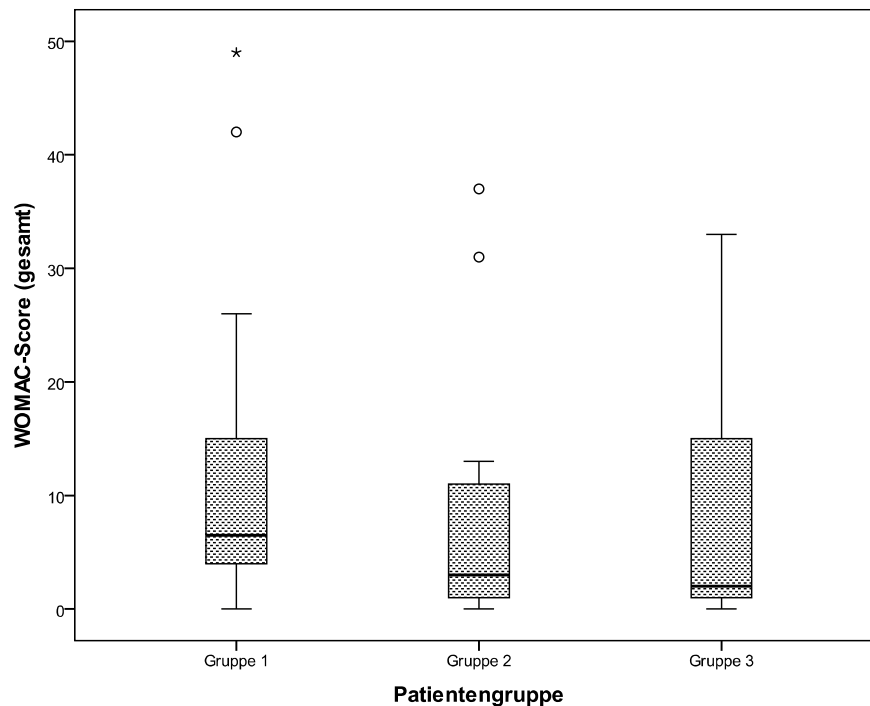


Diagramm 10:
WOMAC-Score in Gruppe 1, 2 und 3. Darstellung der Ergebnisse innerhalb der Gruppen mittels Boxplot.

Unterteilt man den WOMAC-Score hinsichtlich seiner drei Bereiche, so ergibt sich für das gesamte Patientenkollektiv im Bereich „Schmerz“ eine mittlere Punktzahl von 2.5 (SD 2.8), wobei Gruppe 1 eine Punktzahl von 3.7 (SD 3.0), Gruppe 2 eine Punktzahl von 1.7 (SD 2.3) und Gruppe 3 eine Punktzahl von 1.6 (SD 2.2) erreichte. Hier zeigt sich ein statistisch signifikanter Unterschied von Gruppe 1 gegenüber den anderen beiden Gruppen ($p = 0,006$ bzw. $p = 0,024$). Zwischen den Patientengruppen 2 und 3 besteht kein statistisch signifikanter Unterschied.

Im Bereich „Steifigkeit“ erzielten alle Patienten zusammen einen Durchschnittswert von 1.4 (SD 1.3). Die mittleren Werte der einzelnen Patientengruppen liegen hier bei 1.5 Punkten (SD 1.2) für Gruppe 1, bei 1.2 Punkten (SD 1.4) für Gruppe 2, und bei 1.6 Punkte (SD 1.5) für Gruppe 3.

Das durchschnittliche Ergebnis im Teilbereich „Funktionalität“ beträgt für das gesamte Patientenkollektiv 5.6 Punkte (SD 7.8). Hier erreichte Gruppe 1 ein Ergebnis von 7.0

(SD 9.2), Gruppe 2 ein Ergebnis von 4.3 (SD 5.9) und Gruppe 3 ein Ergebnis von 5.3 (SD 8.2). In den Teilbereichen Steifigkeit und Funktionalität konnten keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den Patientengruppen festgestellt werden. Einen Überblick über diese Ergebnisse liefern die Diagramme 11-13.

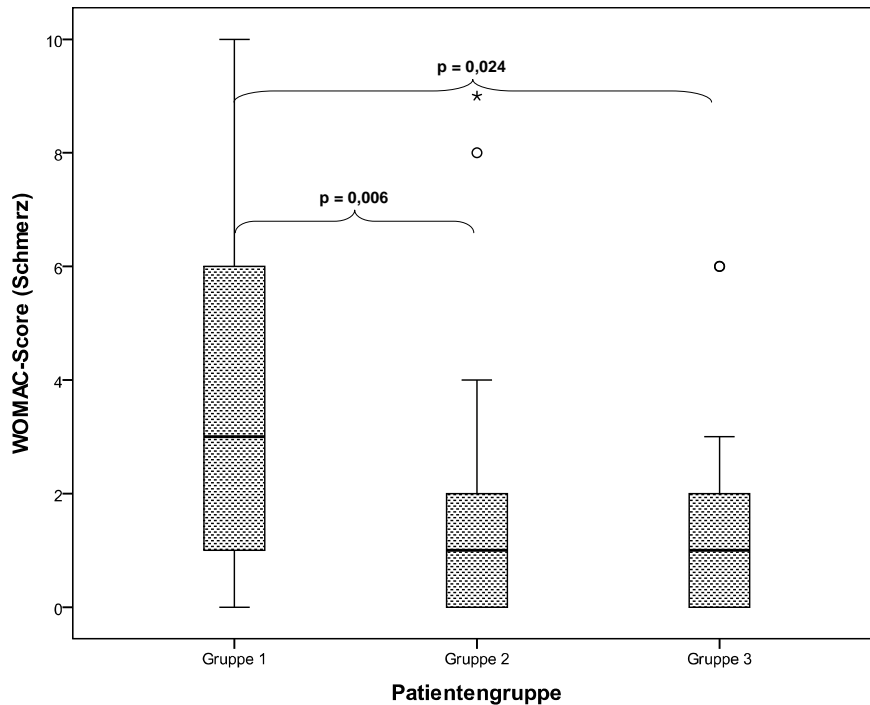


Diagramm 11:
WOMAC-Score für Schmerzen in Gruppe 1, 2 und 3. Darstellung der Ergebnisse innerhalb der Gruppen mittels Boxplot. Statistisch signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen 1 und 2 ($p=0,006$) und zwischen den Gruppen 1 und 3 ($p=0,024$).

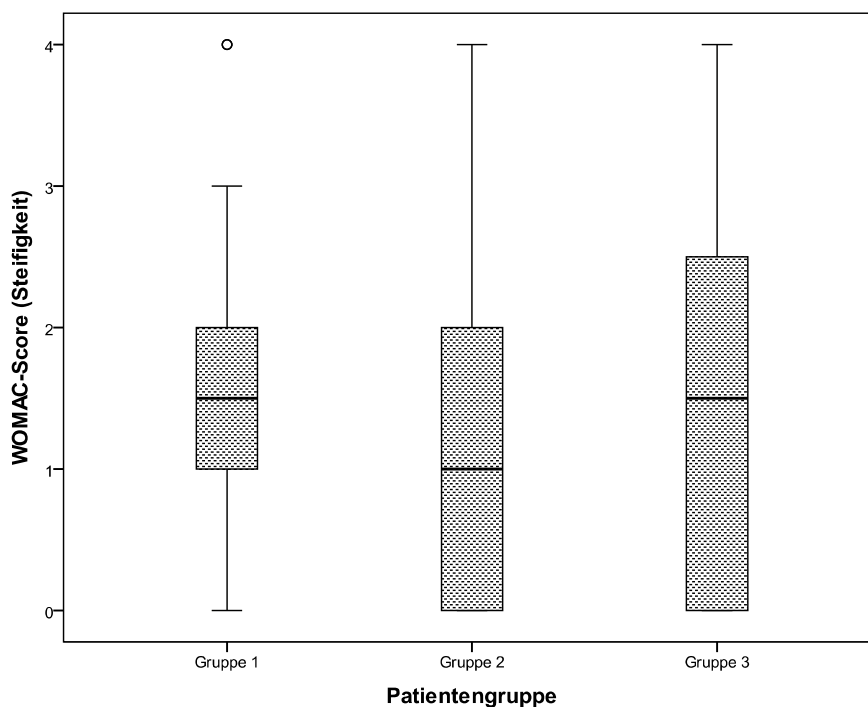


Diagramm 12:
WOMAC-Score für Gelenksteifigkeit in Gruppe 1, 2 und 3. Darstellung der Ergebnisse innerhalb der Gruppen mittels Boxplot.

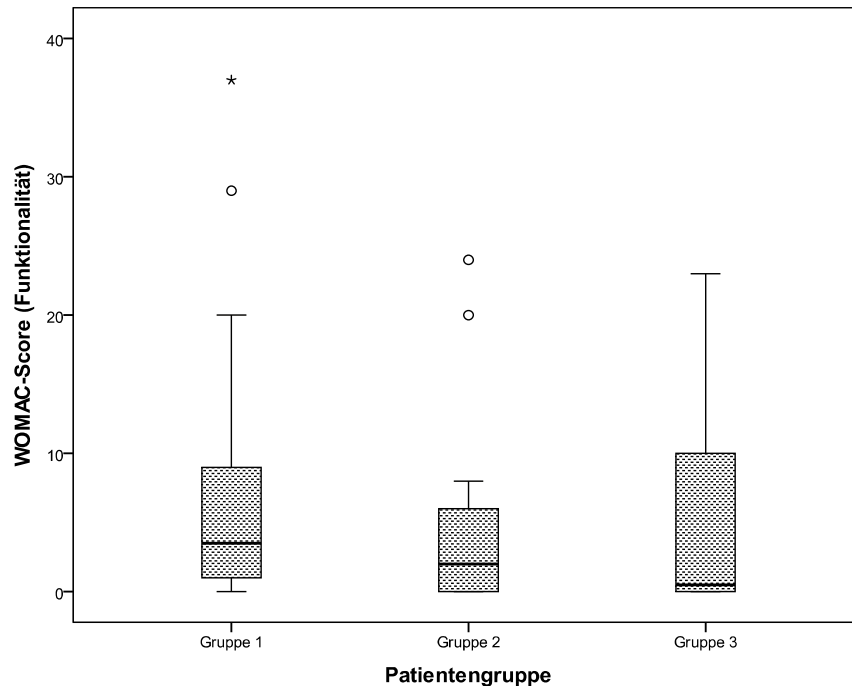


Diagramm 13:
WOMAC-Score für Funktionalität des Gelenks in Gruppe 1, 2 und 3. Darstellung der Ergebnisse innerhalb der Gruppen mittels Boxplot.

5.1.3. IKDC-Score

Beim IKDC-Score erzielten alle 64 Studienpatienten zusammen eine mittlere Punktzahl von 70.6 (SD 15.0), wobei Gruppe 1 einen Wert von 64.8 (SD 13.0), Gruppe 2 einen Wert von 74.0 (SD 15.6) und Gruppe 3 einen Wert von 75.7 (SD 14.7) erreichte. Die Ergebnisse in Patientengruppe 1 zeigten hier wiederum einen statistisch signifikanten Unterschied im Vergleich zu den anderen beiden Gruppen ($p = 0,006$ bzw. $p = 0,026$). Zwischen den Gruppen 2 und 3 war kein statistisch signifikanter Unterschied festzustellen. Diagramm 14 zeigt die Auswertung der 3 Patientengruppen in graphischer Darstellung.

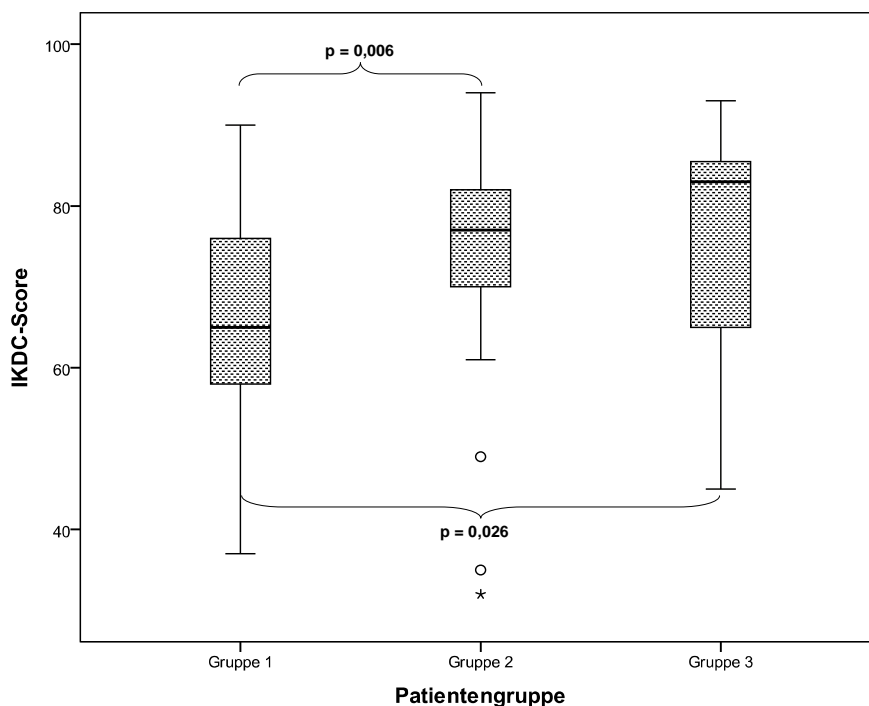


Diagramm 14:
IKDC-Score in Gruppe 1, 2 und 3. Darstellung der Ergebnisse innerhalb der Gruppen mittels Boxplot. Statistisch signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen 1 und 2 ($p=0,006$) und zwischen den Gruppen 1 und 3 ($p=0,026$).

5.1.4. Tegner-Aktivitätsscore

Die Auswertung der möglichen körperlichen Aktivität mittels Tegner-Score ergab für das gesamte Patientenkollektiv einen durchschnittlichen Wert von 4.6 (SD 1.2), also eine Einordnung zwischen die Aktivitätsgruppen 4 und 5. Das mittlere Ergebnis für Gruppe 1 lag hier bei einem Wert von 4.3 (SD 1.0), für Gruppe 2 bei 4.7 (SD 1.4) und für Gruppe 3 bei 4.9 (SD 1.3). 2 Patienten in Gruppe 2 und 2 Patienten in Gruppe 3 konnten einen TEGNER-Score von 7 erreichen. Der Vergleich der gruppenspezifischen Ergebnisse ergibt keine statistisch signifikanten Unterschiede. Die graphische Darstellung der Ergebnisse zeigt Diagramm 15.

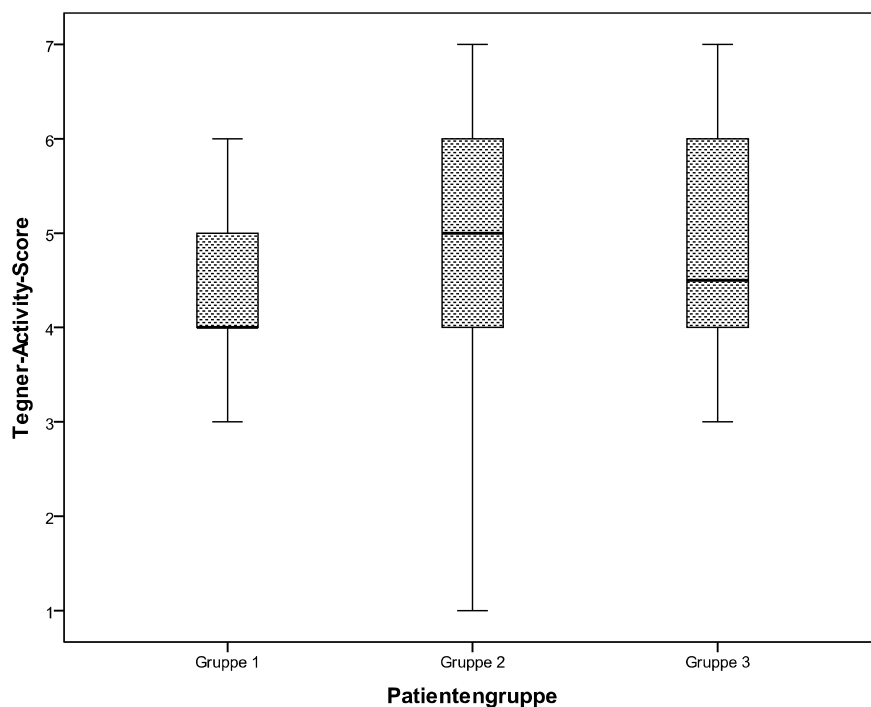


Diagramm 15:
Tegner-Activity-Score in
Gruppe 1, 2 und 3.
Darstellung der Ergebnisse
innerhalb der Gruppen
mittels Boxplot.

5.2. Klinische Untersuchung

Bei der Untersuchung der Beweglichkeit des operierten Kniegelenks zeigten insgesamt 32 Patienten (62.7%) ein Beugedefizit von nur 0-5° im Vergleich zur Gegenseite, während 12 Patienten (23.5%) ein Beugedefizit von 6-15°, 5 Patienten (9.8%) ein Beugedefizit von 16-25° und 2 Patienten (3.9%) sogar ein Beugedefizit von >25° aufwiesen. Ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den Patientengruppen war nicht zu verzeichnen. Diagramm 16 zeigt diesbezüglich die prozentualen Ergebnisse innerhalb der 3 Patientengruppen.

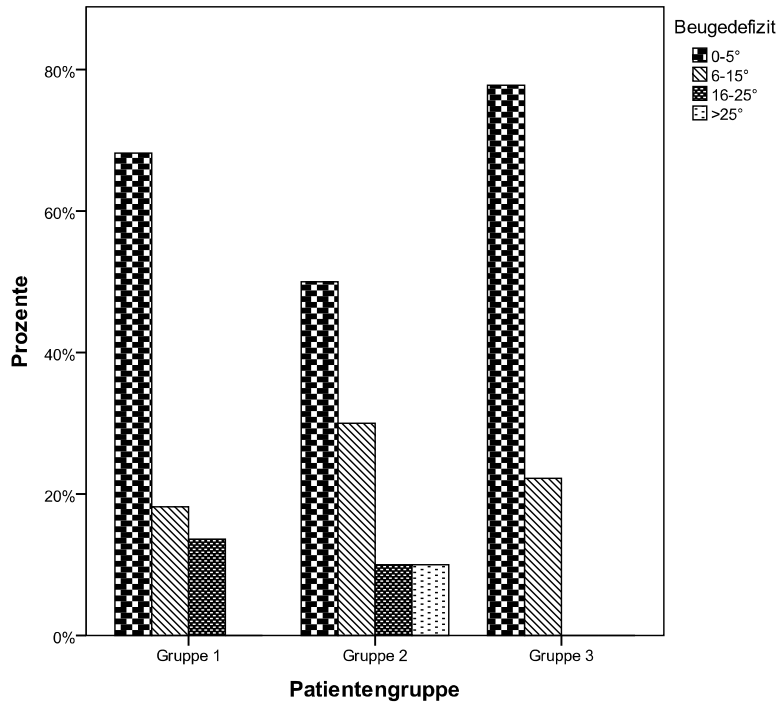


Diagramm 16:
Ausmaß des Beugedefizits im Kniegelenk in Gruppe 1, 2 und 3. Relative Patientenzahlen innerhalb der Gruppen.

Des Weiteren war bei 23 Patienten (45.1%) ein Streckdefizit von weniger als 3° festzustellen. Bei 24 Patienten (47.1%) zeigte sich im Vergleich zur Gegenseite ein Streckdefizit von 3-5° und bei 4 Patienten (7.8%) ein Streckdefizit von 6-10°. Kein Patient hatte ein Streckdefizit von mehr als 10°. Auch hier ergibt sich kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den 3 Patientengruppen. Die entsprechenden relativen Ergebnisse der einzelnen Gruppen sind in Diagramm 17 dargestellt.

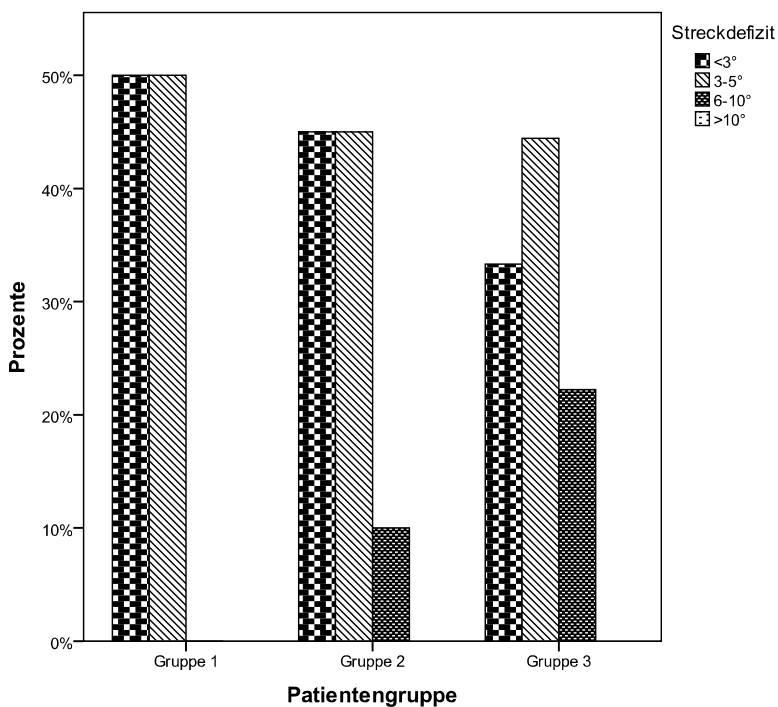


Diagramm 17:
Ausmaß des Streckdefizits im Kniegelenk in Gruppe 1, 2 und 3. Relative Patientenzahlen innerhalb der Gruppen.

Beim Lachman-Test im Seitenvergleich zur Prüfung der vorderen Stabilität des operierten Kniegelenks zeigten insgesamt 23 Patienten (45.1%) einen Wert von -1mm (= Vorschub 1mm weniger als auf der Gegenseite) bis 2mm (=Vorschub 2mm mehr als auf Gegenseite). 26 Patienten (51%) zeigten einen im Vergleich zur Gegenseite vermehrten Vorschub von 3-5mm und 2 Patienten (3.9%) einen vermehrten Vorschub von 6-10mm. Kein Patient zeigte einen Wert von > 10mm. Zwischen den Patientengruppen 1 und 2 bestand hier ein statistisch signifikanter Unterschied ($p = 0,012$). Im weiteren Vergleich der Patientengruppen ergab sich keine statistische Signifikanz. Die gruppenspezifischen Ergebnisse des Lachman-Tests werden in Diagramm 18 wiedergegeben.

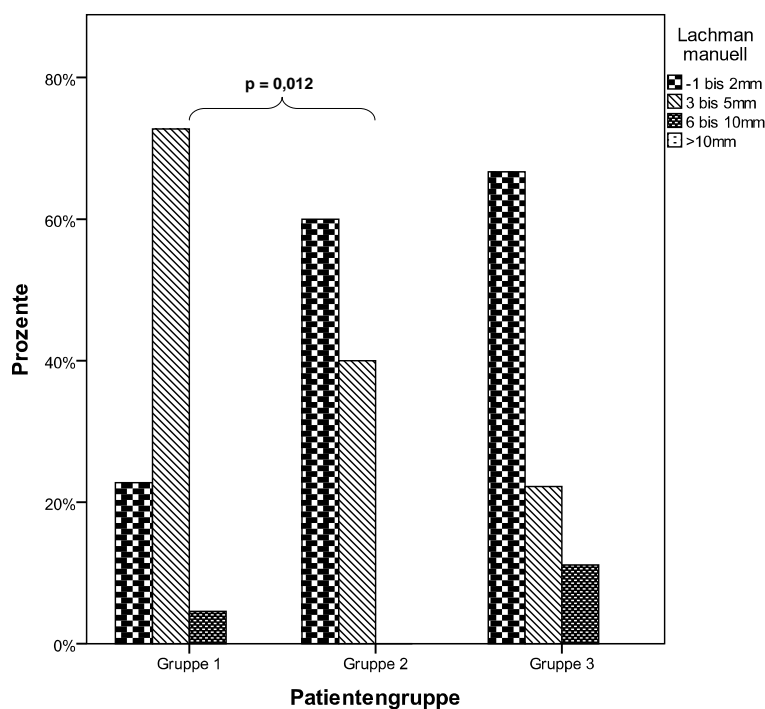


Diagramm 18:

Ergebnisse des manuellen Lachman-Tests in Gruppe 1, 2 und 3. Relative Patientenzahlen innerhalb der Gruppen. Statistisch signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen 1 und 2 ($p=0,012$).

Zur weiteren Beurteilung der Stabilität des vorderen Kreuzbandes haben wir den Pivot-Shift-Test angewandt. Dieser Test war insgesamt bei 29 Patienten (50%) als „negativ“, bei 27 Patienten (46.6%) als „einfach positiv“, bei 2 Patienten (3.4%) als „zweifach positiv“ und bei keinem Patienten als „dreifach positiv“ zu bewerten. Die Ergebnisse in Patientengruppe 2 unterschieden sich statistisch signifikant von den Patientengruppen 1 ($p = 0,001$) und 3 ($p = 0,041$). Im Vergleich der Patientengruppen 1 und 3 ergab sich kein statistisch signifikanter Unterschied. Diagramm 19 zeigt hierzu wiederum die Ergebnisse der einzelnen Patientengruppen.

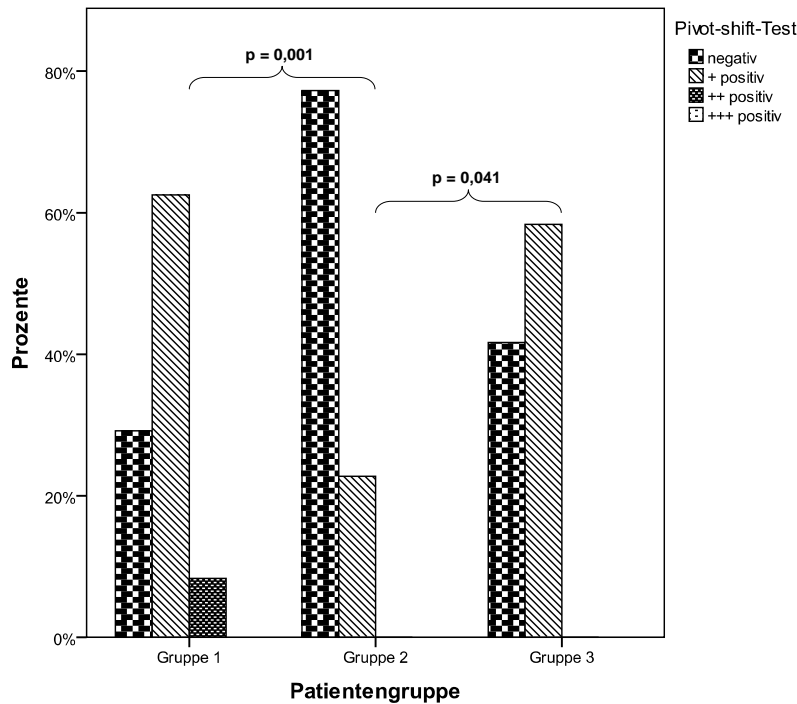


Diagramm 19:
Ergebnisse des Pivot-Shift-Tests in Gruppe 1, 2 und 3. Relative Patientenzahlen innerhalb der Gruppen. Statistisch signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen 1 und 2 ($p=0,001$) und zwischen den Gruppen 2 und 3 ($p=0,041$).

Beim einbeinigen Weitsprung zur Funktionsprüfung des operierten Kniegelenks erreichten insgesamt 18 Patienten (35.3%) eine Weite von $\geq 90\%$ in Relation zur Gegenseite. 8 Patienten (15.7%) erreichten dabei einen Wert von 76-89%, 11 Patienten (21.6%) einen Wert von 50-75% und ein Patient (2%) einen Wert von $<50\%$. Insgesamt 13 Patienten (25.5%) haben sich das Springen auf dem operierten Bein nicht zugetraut. Hier besteht wiederum kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den Patientengruppen. Die Ergebnisse verteilt auf die 3 Patientengruppen sind in Diagramm 20 wiedergegeben.

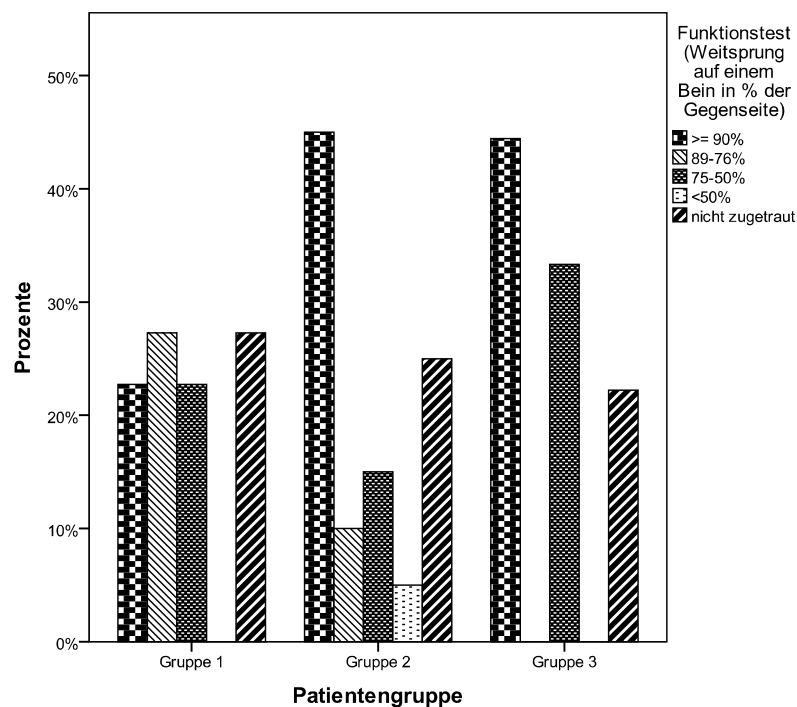


Diagramm 20:
Ergebnisse des single-leg-hop-tests in Gruppe 1, 2 und 3. Relative Patientenzahlen innerhalb der Gruppen.

5.3. Maschinelle Untersuchung (KT 2000™ Arthrometer)

Die Untersuchung mit dem Arthrometer zur Objektivierung der vorderen Stabilität der operierten Kniegelenke im Vergleich zur Gegenseite ergab folgende Ergebnisse:

Insgesamt zeigte ein Patient eine verminderte vordere Translation von mehr als 3mm (<3mm) und 3 Patienten eine verminderte Translation von 1-3mm (-3 bis -1mm), also im Vergleich zur Gegenseite ein eher steiferes Kniegelenk hinsichtlich der vorderen Translation. Das Ergebnis von 17 Patienten lag zwischen einer verminderten Translation von maximal 1 mm und einer vermehrten Translation von bis zu 2mm (-1 bis 2mm), was demnach einer annähernd seitengleichen vorderen Stabilität entspricht. 22 Patienten zeigten bei der Untersuchung eine vermehrte vordere Translation von 3 bis 5mm (3-5mm), 4 Patienten eine vermehrte vordere Translation von 5 bis 10mm (5-10mm) und 2 Patienten sogar eine vermehrte vordere Translation von mehr als 10 mm (>10mm). Eine graphische Darstellung der Ergebnisse des gesamten Patientenkollektivs ist durch Diagramm 21 gegeben.

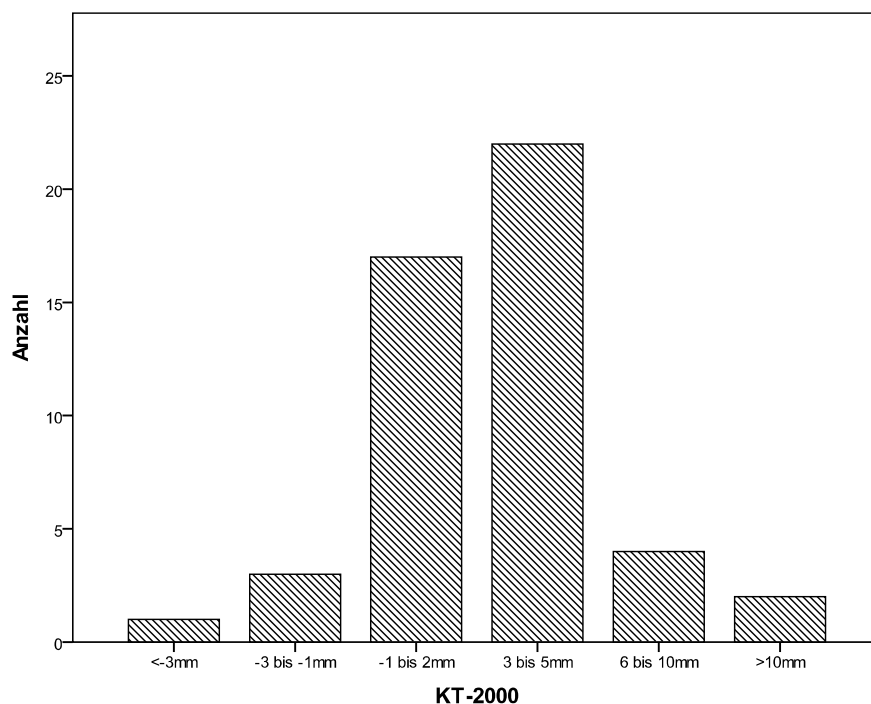


Diagramm 21:
Ergebnisse der Untersuchung mit dem KT-2000 in allen 3 Gruppen zusammen. Absolute Patientenzahlen.

Im Gruppenvergleich zeigte sich hier ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den Patientengruppen 2 und 3 ($p = 0,031$). Im weiteren Gruppenvergleich ergab sich keine statistische Signifikanz. Die relativen Ergebnisse innerhalb der 3 Patientengruppen sind in Diagramm 22 wiedergegeben.

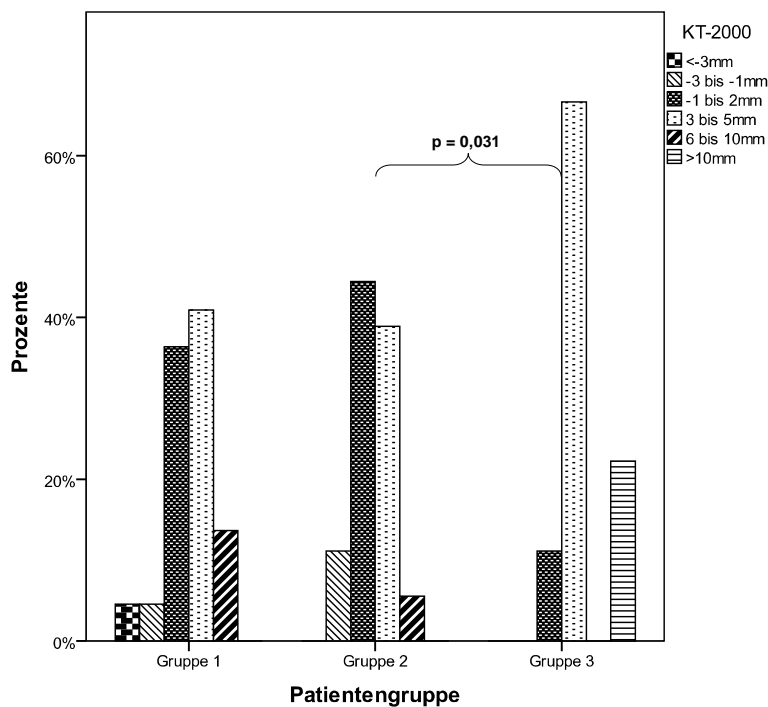


Diagramm 22:

Ergebnisse der Untersuchung mit dem KT-2000 in Gruppe 1, 2 und 3. Relative Patientenzahlen innerhalb der Gruppen. Statistisch signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen 2 und 3 ($p=0,031$).

5.4. Radiologische Untersuchung

5.4.1. Kellgren-Lawrence-Klassifikation

Die Auswertung der präoperativen Röntgenbilder gemäß der Kellgren-Lawrence-Klassifikation ergab für das gesamte Patientenkollektiv (57 Patienten mit perioperativen Aufnahmen) einen Durchschnittswert von 2,20 (SD 0,63). Die Patienten der Gruppe 1 erreichten dabei einen mittleren Wert von 2,68 (SD 0,62), Gruppe 2 einen Wert von 1,94 (SD 0,38) und Gruppe 3 einen Wert von 1,79 (SD 0,48). Gruppe 1 unterschied sich hier statistisch signifikant von den anderen beiden Gruppen ($p < 0,001$ bzw. $p = 0,001$). Zwischen Gruppe 2 und 3 bestand kein statistisch signifikanter Unterschied. Diagramm 23 gibt eine graphische Darstellung der Ergebnisse innerhalb der Patientengruppen.

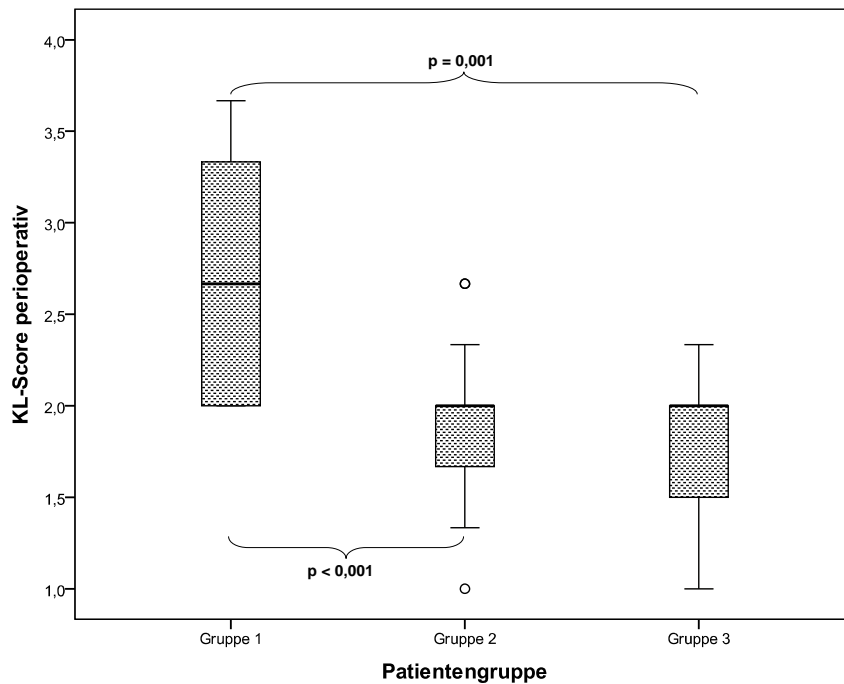


Diagramm 23:

KL-Score der perioperativ angefertigten Röntgenbilder in Gruppe 1, 2 und 3. Darstellung der Ergebnisse innerhalb der Gruppen mittels Boxplot. Statistisch signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen 1 und 2 ($p < 0,001$) und zwischen den Gruppen 1 und 3 ($p = 0,001$).

Die im Rahmen unserer Follow-up-Untersuchung angefertigten Röntgenaufnahmen zeigten für das gesamte Kollektiv (58 Patienten mit FU-Aufnahmen) einen durchschnittlichen KL-Score von 2,75 (SD 0,77). Dabei lagen die Mittelwerte für Gruppe 1 bei 3,07 (SD 0,70), für Gruppe 2 bei 2,57 (SD 0,7) und für Gruppe 3 bei 2,37 (SD 0,87). Es zeigte sich ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den Ergebnissen in Gruppe 1 und Gruppe 2 ($p = 0,017$). Ansonsten ergaben sich im Vergleich der gruppenspezifischen Ergebnisse keine statistisch signifikanten Unterschiede. Die Ergebnisse der 3 Patientengruppen sind in Diagramm 24 graphisch dargestellt.

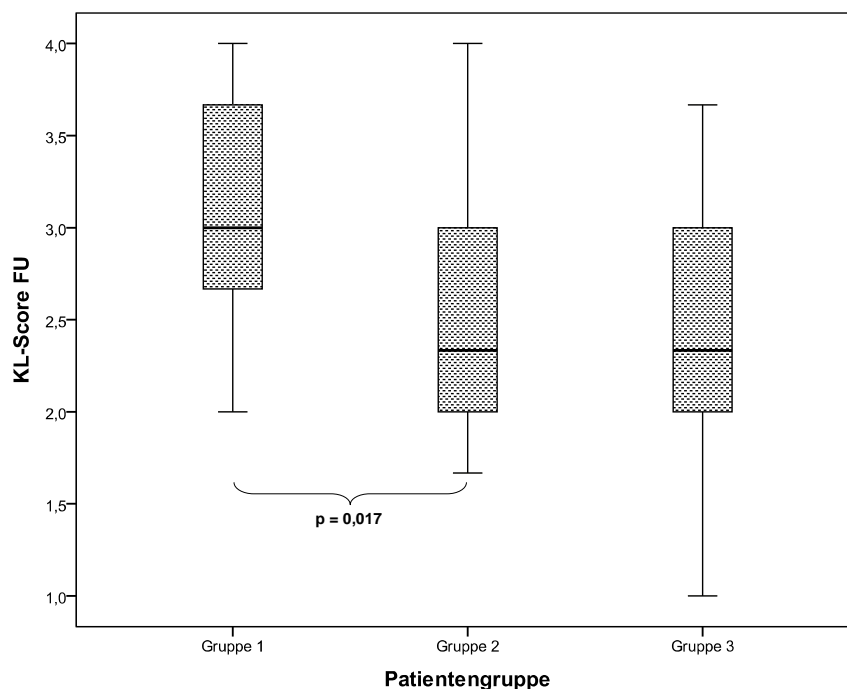


Diagramm 24:

KL-Score der FU-Röntgenbilder in Gruppe 1, 2 und 3. Darstellung der Ergebnisse innerhalb der Gruppen mittels Boxplot. Statistisch signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen 1 und 2 ($p = 0,017$).

Um eine Aussage über die postoperative Entwicklung der radiologischen Arthrosezeichen zu treffen, haben wir die präoperativen Aufnahmen mit denen der FU-Untersuchung verglichen und die Differenzen der entsprechenden KL-Werte ermittelt. Dabei ergaben sich folgende Ergebnisse:

Bei 9 Patienten in Gruppe 1 (41%), bei 7 Patienten in Gruppe 2 (32%) und bei 4 Patienten in Gruppe 3 (44%) war keine Verschlechterung bezüglich des KL-Scores festzustellen, bei allen anderen zeigte sich eine unterschiedlich starke Zunahmen der radiologischen Arthrosezeichen.

Das gesamte Patientenkollektiv (53 Patienten mit perioperativen und FU-Aufnahmen) zeigte eine durchschnittliche Zunahme des KL-Score von 0,52 (SD 0,53), wobei in Gruppe 1 eine Zunahme von 0,39 (SD 0,42), in Gruppe 2 eine Zunahme von 0,61 (SD 0,59) und in Gruppe 3 eine Zunahme von 0,59 (SD 0,62) zu verzeichnen war. Ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den Patientengruppen konnte hier nicht festgestellt werden. Die Ergebnisse innerhalb der 3 Patientengruppen sind in Diagramm 25 nochmals graphisch dargestellt.

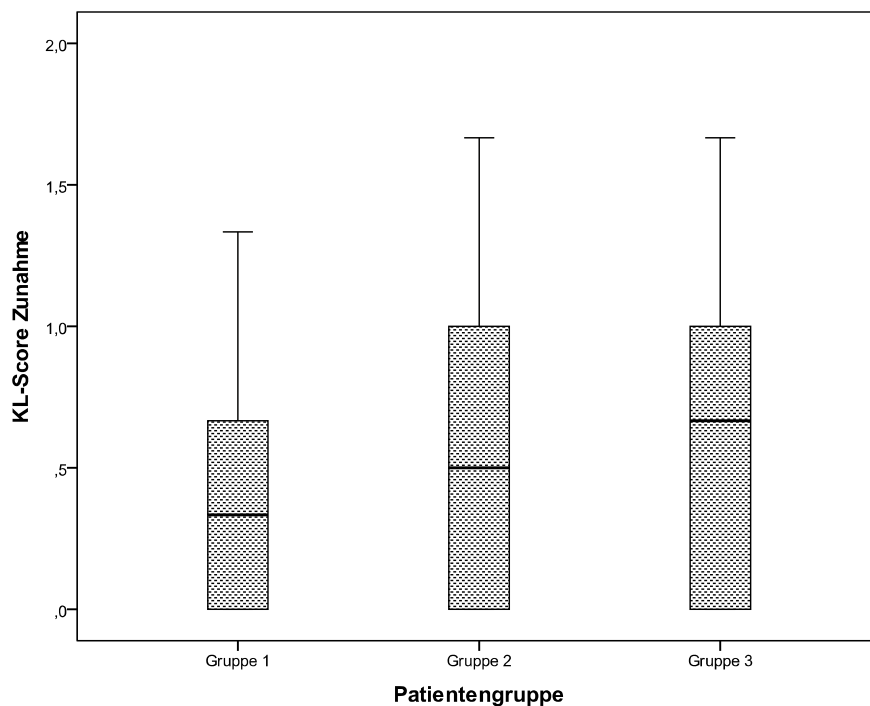


Diagramm 25:
Ausmaß der Zunahme des KL-Scores zwischen den perioperativen und den FU-Röntgenbildern in Gruppe 1, 2 und 3. Darstellung der Ergebnisse innerhalb der Gruppen mittels Boxplot.

5.4.2. Beinachse nach Hinman

Die Bestimmung der mechanischen Beinachse nach der Formel von Hinman (Hinman et al. 2006) lieferte für die Röntgenbilder der FU-Untersuchung folgende Ergebnisse:

Das gesamte Patientenkollektiv (58 Patienten mit FU-Aufnahmen) zeigte einen Mittelwert von 181.4° (SD 2.9°). Dies entspricht $1,4^\circ$ Valgus. Die Mittelwerte der 3 Patientengruppen lagen bei 180.4° (SD 3.3°) für Gruppe 1, bei 182.1° (SD 2.1) für Gruppe 2 und bei 182.5° (SD 2.6°) für Gruppe 3. Im Vergleich der Gruppen 1 und 2 ließ sich ein statistisch signifikanter Unterschied feststellen ($p = 0,039$). Der übrige Gruppenvergleich ergab dagegen keine statistisch signifikanten Unterschiede. Diagramm 26 zeigt hierzu die gruppenspezifischen Ergebnisse im Überblick.

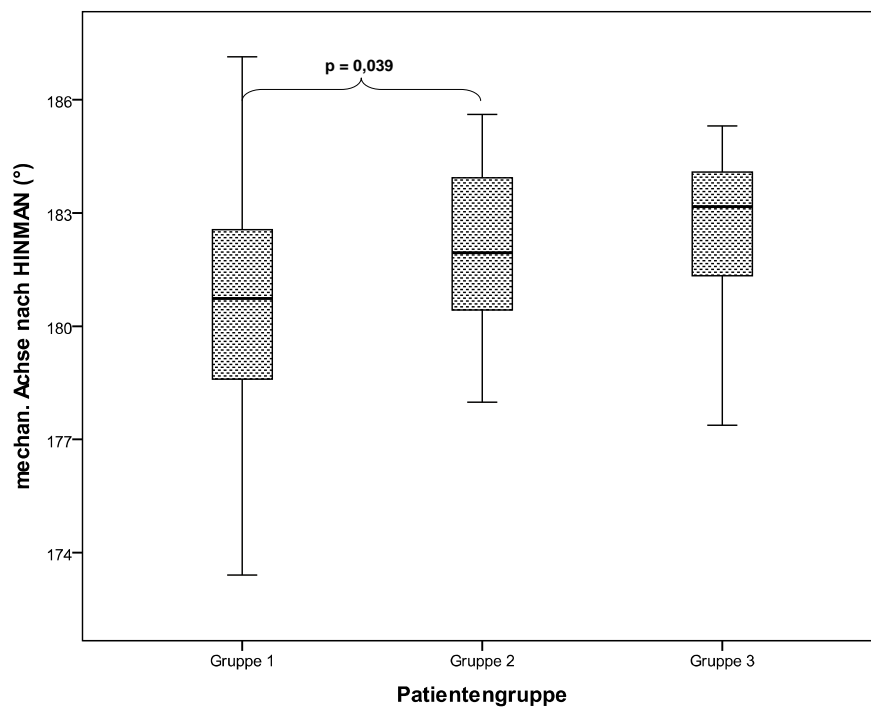


Diagramm 26:
Werte der mechanischen Beinachse berechnet aus den FU-Röntgenbildern gemäß der Formel nach Hinman (varisch $< 180^\circ <$ valgisch) in Gruppe 1, 2 und 3. Darstellung der Ergebnisse innerhalb der Gruppen mittels Boxplot. Statistisch signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen 1 und 2 ($p=0,039$).

6. Diskussion

6.1. Zusammenfassung der Ergebnisse

Unsere Ergebnisse zeigten insgesamt eine sehr hohe Zufriedenheit der Patienten mit dem postoperativen Outcome, und mit 93,8% würde sich der Großteil nochmals derselben Operation unterziehen.

Ein sehr erfreuliches Ergebnis konnte auch bezüglich der postoperativen Entwicklung der beiden Hauptsymptome Schmerz und Instabilität festgestellt werden. 88% der Patienten in Gruppe 1 gaben an, dass sich die Schmerzsymptomatik durch die Operation gebessert hätte. Und bei über 80% der Patienten in den Gruppen 2 und 3 konnte eine subjektive Verbesserung der Instabilität erreicht werden. Aber auch in Gruppe 1 gaben mit fast 80% die meisten Patienten an, dass sich die Stabilität im operierten Kniegelenk auch ohne Kreuzbandplastik verbessert hätte. Das Symptom „Schwellung“ war für die meisten Patienten kein Problem, zumal der Großteil angab, auch schon präoperativ keine verstärkte Schwellneigung im Kniegelenk festgestellt zu haben.

Die Auswertung der visuellen Analogskala ergab einen Durchschnittswert von 2,44 für das Gesamtkollektiv, wobei die meisten Patienten nur leichte oder gar keine Schmerzen angaben und Gruppe 1 tendenziell ein schlechteres Ergebnis erzielte. Schmerzmedikamente wurden nur von den wenigsten Patienten bei Bedarf eingenommen, und eine regelmäßige Einnahme von Analgetika konnte ausgeschlossen werden.

Bezüglich des postoperativen Verlaufs ließ sich feststellen, dass es bei nur 2 der 38 Patienten, bei denen ein Kombinationseingriff durchgeführt wurde, zu postoperativen Komplikationen kam (1x Zyklopbildung in Gruppe 2, 1x Wundinfekt in Gruppe 3), wohingegen auch bei 2 Patienten aus Gruppe 1 postoperative Wundrevisionen nötig waren. Zudem konnten wir feststellen, dass nur bei einzelnen Patienten im weiteren Verlauf erneute Arthroskopien mit kleineren Zusatzeingriffen am entsprechenden Kniegelenk notwendig waren (siehe Tabelle 6). Das Ausmaß der sportlichen Aktivität zeigte, dass die Patienten in Gruppe 2 und Gruppe 3 tendenziell körperlich aktiver sind als die Patienten in Gruppe 1. Diese Tendenz wurde durch die Ergebnisse des Tegner-Scores bestätigt, wobei der Durchschnittswert aller Patienten bei 4,6 lag, was die Fähigkeit zum regelmäßigen Joggen auf ebenem Boden darstellt.

Bei der Auswertung der klinischen Scores zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung zeigte sich insgesamt ein erfreuliches Ergebnis mit teils guten oder auch sehr guten Werten.

Im WOMAC-Score erreichten alle Patienten im Durchschnitt eine Punktzahl von 9,2 Punkten von 96 möglichen, was insgesamt ein sehr gutes Ergebnis darstellte. Lediglich einzelne Patienten erreichten einen Bereich von über 30 Punkten. Unterteilt man den WOMAC-Score

in seine Unterbereiche so sieht man, dass Gruppe 1 im Bereich „Schmerz“ signifikant schlechtere Ergebnisse erzielte.

Ähnlich präsentiert sich die Auswertung des IKDC-Score, wobei Gruppe 1 auch hier signifikant schlechter abschneidet. Betrachtet man jedoch das Gesamtkollektiv, zeigen sich mit wenigen Ausnahmen gute bis sehr gute Ergebnisse.

Der Lysholm-Score zeigte bei insgesamt ebenfalls guten Durchschnittswerten dagegen keine signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen Patientengruppen.

In der klinischen Untersuchung haben wir bei der Beweglichkeitsprüfung zum Großteil regelrechte und weitestgehend gruppengleiche Ergebnisse feststellen können. Beim Funktionstest des operierten Kniegelenkes (Weitsprung auf einem Bein) waren in allen 3 Patientengruppen zum Teil deutliche Einschränkungen im Vergleich zur Gegenseite feststellbar. Dennoch sahen wir in den Gruppen 2 und 3 bei fast der Hälfte der Patienten eine annähernd seitengleiche Funktionalität des operierten Kniegelenkes.

Im Rahmen der klinischen Untersuchung haben wir besonderen Wert auf die Objektivierung der Stabilität des operierten Kniegelenkes gelegt. Hier zeigte sich im Lachman-Test eine signifikant schlechtere Stabilität in Gruppe 1 im Vergleich zu Gruppe 2. Dennoch war bei nur einem Patienten in Gruppe 1 eine Translation nach ventral von mehr als 6mm im Vergleich zur gesunden Gegenseite feststellbar. Der Pivot-Shift-Test bestätigte die Annahme, dass Gruppe 1 eine geringere Stabilität im operierten Kniegelenk aufweist.

Zur weiteren Objektivierung der vorderen Kniegelenksstabilität haben wir die Untersuchung mit dem Arthrometer durchgeführt. Insgesamt konnten wir hier ein gutes Ergebnis feststellen. Nur 6 aller untersuchten Patienten zeigten einen ventralen Vorschub von mehr als 6mm im Seitenvergleich. Auffallend war, dass bei 2 Patienten in Gruppe 3 ein Wert von >10mm im Seitenvergleich gemessen wurde. Interessanterweise waren in der Untersuchung mit dem Arthrometer keine statistisch signifikant schlechteren Werte in Gruppe 1 festzustellen.

In der radiologischen Auswertung der präoperativen Röntgenbilder konnten wir einen statistisch signifikant höheren KL-Score bei Patientengruppe 1 feststellen, was zeigt, dass diese Patienten mit einem vergleichsweise höheren Arthrosegrad in die Operation gegangen sind. Die Gruppen 2 und 3 zeigten einen sehr ähnlichen Ausgangswert mit radiologischen Anzeichen einer eher im Frühstadium befindlichen medialen Gonarthrose. Im Vergleich der präoperativen Röntgenbilder mit denen der Follow-Up-Untersuchung war ein leichter, aber signifikanter Fortschritt der radiologischen Arthrosezeichen in allen Patientengruppen festzustellen. Gruppe 1 weist hier jedoch eine geringere Progredienz im Vergleich mit den anderen Patientengruppen auf.

Die in unserer Nachuntersuchung angefertigten Röntgenbilder wurden auch dazu verwendet, um entsprechend der Formel nach Hinman einen guten Näherungswert für die mechanische Belastungsachse der operierten Extremitäten zu bestimmen (Hinman et al. 2006). Die Ergebnisse zeigten uns, dass der Großteil des gesamten Patientenkollektivs eine leicht valgische Beinachse aufwies und somit das angestrebte Ergebnis erreichte. Auffallend war, dass die Beinachsen in Gruppe 1 jedoch sichtbar, und verglichen mit Gruppe 2 sogar statistisch signifikant varischer waren.

6.2. Interpretation der Ergebnisse

Die Kombination einer Varusgonarthrose mit einer vorderen Kniegelenksinstabilität stellt eine hohe Herausforderung für den behandelnden Arzt dar. Das richtige chirurgische Vorgehen muss gut bedacht werden. Unsere Studienpatienten wurden entsprechend der aktuellen Studienlage gemäß ihrer Hauptsymptome auf unterschiedliche Weise therapiert. Bei den jüngeren, sportlich aktiveren Patienten, bei denen vor allem die Instabilität im Vordergrund stand, wurde demnach die Indikation zur Kombination aus Umstellung und VKB-Plastik gestellt, wohingegen bei den älteren Patienten mit fortgeschrittener Arthrose, bei denen vor allem die Schmerzen im Vordergrund standen, die Indikation zur alleinigen Achskorrektur gestellt wurde.

Bei der Beurteilung unserer Ergebnisse ist es deshalb sehr erfreulich zu sehen, dass in Gruppe 1 bei über 80 % der Patienten das Hauptsymptom „Schmerz“ und in den Gruppen 2 und 3 ebenfalls bei über 80% der Patienten das Hauptsymptom „Instabilität“ durch die Operation nachhaltig reduziert werden konnte. Diese Ergebnisse sind sicherlich mit ausschlaggebend für die sehr hohe Zufriedenheit der Patienten mit dem postoperativen Outcome.

Dementsprechend konnten die Patienten auch in den klinischen Scores insgesamt gute Ergebnisse erzielen. Auffallend war hier jedoch, dass Gruppe 1 beim WOMAC-Score im Bereich „Schmerz“ signifikant schlechtere Ergebnisse erzielte. Vermutlich hätten sich bei dieser Gruppe aufgrund der oben beschriebenen Indikationsstellung aber auch schon präoperativ signifikant schlechtere Werte im Vergleich zu den anderen Gruppen gezeigt. Somit konnten wir dieses Ergebnis erwarten. Da der IKDC-Score ebenfalls einen typischen Arthrose-Score darstellt, war es nicht überraschend, dass Gruppe 1 auch hier signifikant schlechter abschneidet. Und auch bei der Auswertung der visuellen Analogskala konnten wir ein vergleichsweise schlechteres Ergebnis von Gruppe 1 feststellen. Der Schmerz als Hauptsymptom der Gonarthrose hatte also nach wie vor einen hohen Stellenwert bei den

Patienten in Gruppe 1. Da wir aber dennoch eine sehr hohe OP-Zufriedenheit bei diesen Patienten feststellen konnten, gehen wir davon aus, dass die präoperativen Schmerzen weitaus größer waren und die Indikation zur entsprechenden Operation deshalb zumeist richtig gestellt wurde.

Von besonderem Interesse für uns waren die Ergebnisse des Lysholm-Score, da dieser im Vergleich mit den anderen beiden Scores neben den Symptomen Schmerz und Schwellung vor allem die Kniegelenksstabilität in den Vordergrund stellt. Zu erwarten war hier demnach das gute Abschneiden der Gruppen 2 und 3, die operativ mit einer Kreuzbandplastik versorgt worden waren. Interessanterweise ließen sich jedoch auch bei Gruppe 1 insgesamt gute Durchschnittswerte feststellen, wobei sich kein signifikanter Unterschied zu den anderen Gruppen zeigte. Unterstützt wird dieses Ergebnis durch die Tatsache, dass fast 80% der Patienten in Gruppe 1 auch eine subjektive Besserung der Kniegelenksstabilität angaben.

Zusammenfassend lässt sich anhand der Auswertung der Anamnese und klinischen Scores sagen, dass Gruppe 1 aufgrund der vermutlich schlechteren Ausgangssituation schlechtere Ergebnisse bezüglich der Schmerzsymptomatik erzielt hat, insgesamt aber sehr zufriedenstellende Werte erreicht wurden. Sehr erfreulich ist, dass bei einem Großteil der Patienten durch die Operation vor allem die Hauptsymptome, zum Teil aber auch die Begleitbeschwerden reduziert werden konnten. Die subjektive Verbesserung der Kniegelenksstabilität in Gruppe 1 erklären wir uns vor allem durch die biomechanischen Veränderungen im Kniegelenk mit der Ausbildung von stabilisierenden Osteophyten bei fortgeschrittenem Gelenkverschleiß. Zudem wurde vor allem diesen Patienten postoperativ empfohlen, auf Sportarten und Aktivitäten mit hoher Belastung für das Kniegelenk zu verzichten, wodurch das Auftreten von Situationen mit einem akuten Instabilitätsgefühl sicherlich reduziert wurde.

Eine subjektive Verbesserung der Kniegelenksstabilität konnten wir also bei den meisten unserer Patienten und ohne statistisch signifikante Unterschiede im Gruppenvergleich feststellen. Zur Objektivierung der Stabilität verwendeten wir den Lachman- und Pivot-Shift-Test sowie die Untersuchung mit dem KT-2000 Arthrometer. Insgesamt zeigten sich hier bei den meisten Patienten, die eine VKB-Plastik erhalten haben, die zu erwartenden guten Ergebnisse. Lediglich 2 Patienten in Gruppe 3 zeigten bei der Untersuchung mit dem Arthrometer einen vermehrten Vorschub von >10mm im Seitenvergleich, was die Annahme einer Reruptur des vorderen Kreuzbandes so gut wie sicherte. Dadurch lässt sich auch das statistisch signifikant schlechtere Ergebnis von Gruppe 3 im Vergleich mit Gruppe 2 erklären. Die Patienten aus Gruppe 1 zeigten in der klinischen Untersuchung mittels Lachman- und

Pivot-Shift-Test signifikant schlechtere Ergebnisse. Dass diese Patienten dennoch ein gutes Maß an vorderer Stabilität aufweisen, zeigen die Ergebnisse der Untersuchung mit dem Arthrometer, bei der wir kein statistisch signifikant schlechteres Ergebnis feststellen konnten. Die objektive Beurteilung der Kniegelenksstabilität in der klinischen und maschinellen Untersuchung zeigt zusammenfassend das zu erwartend bessere Ergebnis der Patienten, die zusätzlich zur Umstellungsosteotomie mit einer Kreuzbandplastik versorgt wurden. Dass sich bei den Patienten der Gruppe 1 vor allem eine gute subjektive Stabilität feststellen ließ, während die Ergebnisse der klinischen und maschinellen Untersuchung Defizite im Gruppenvergleich aufweisen, bestätigt unsere Vermutung, dass dieses subjektive Stabilitätsgefühl vor allem durch die arthrosebedingten Umbauvorgänge im Kniegelenk und eine reduzierte funktionelle Beanspruchung desselben bedingt sind.

Da als Einschlusskriterium für unsere Studie ein Lebensalter von weniger als 50 Jahren zum Zeitpunkt der Operation galt, hatten wir es mit einem eher jungen Patientenkollektiv zu tun. Dementsprechend haben wir bei der Befragung auch besonderen Wert auf das aktuelle Ausmaß der sportlichen Aktivität gelegt. Hier war festzustellen, dass es für die meisten Patienten möglich war, leichtem Freizeitsport nachzugehen. Wettkampfsport war dagegen nur in den seltensten Fällen möglich. In Anbetracht der Schwere der Gelenkserkrankungen und der entsprechenden Operation sehen wir hier jedoch ein regelrechtes Ergebnis. Schließlich wurde den Patienten aufgrund der bereits bestandenen Kniegelenksschädigung postoperativ auch von Sportarten mit ausgeprägter Stauchungsbelastung abgeraten, um ein zu schnelles Fortschreiten des Gelenkverschleißes zu vermeiden. Im Gruppenvergleich lässt sich feststellen, dass die Gruppen 2 und 3 nicht nur häufiger sportlich aktiv sind, sondern auch intensivere sportliche Belastungen tolerieren. Auch dieses Ergebnis lässt sich durch die entsprechende Indikationsstellung zur Kombinationsoperation bei eher jüngeren, sportlich aktiveren Patienten erklären. Unterstützt werden diese Aussagen auch durch die Ergebnisse des Single-leg-hop-Tests. Dieser Funktionstest stellt sicherlich keine alltägliche Belastung für das Kniegelenk dar, sondern erfordert höchste Anforderungen an Kraft und vor allem Stabilität. Dementsprechend erklären sich auch die eher schlechten Ergebnisse vor allem in Gruppe 1.

Insgesamt können wir sagen, dass es für den Großteil unserer Patienten möglich ist, nicht nur ihrem Beruf und Aktivitäten des alltäglichen Lebens weitestgehend problemlos nachzugehen, sondern auch leichte sportliche Aktivitäten wie Schwimmen oder Radfahren regelmäßig durchzuführen. Bei entsprechender Indikationsstellung kann sogar die Rückkehr zum Wettkampfsport möglich sein.

Die Auswertung der präoperativen Röntgenbilder bestätigt abermals die entsprechende Indikationsstellung gemäß der aktuellen Studienlage, wonach bei Patienten mit höhergradigen Arthrosezeichen eine alleinige Umstellungsosteotomie bevorzugt wurde und die Patienten, die lediglich Frühzeichen einer Arthrose aufwiesen, zusätzlich mit einer Kreuzbandplastik versorgt wurden. Interessanter stellt sich der radiologische Verlauf dar, der sich bei allen Patientengruppen leicht progredient zeigte. Aufhalten ließ sich das Fortschreiten der Arthrose demnach in den meisten Fällen nicht, weshalb das Ziel der erfolgten Operationen lediglich die Verlangsamung des Gelenkverschleißes und möglicherweise das Herausögern einer zukünftigen prothetischen Versorgung ist. Auffällig ist in Anbetracht unserer Ergebnisse ein scheinbar schnelleres Fortschreiten der radiologischen Arthrosezeichen in den Gruppe 2 und 3. Jedoch muss hier bedacht werden, dass diese Patienten, die zusätzlich eine Kreuzbandplastik erhalten hatten, entsprechend der Indikationsstellung ein vergleichsweise jüngeres und aktiveres Patientenkollektiv darstellen und alleine schon dadurch eine höhere Belastung für das operierte Kniegelenk und damit ein erhöhtes Arthroserisiko bedingen.

Das operative Ziel, durch die Umstellung eine leicht valgische Beinachse zu erreichen, war bei allen Studienpatienten gleich. Bezüglich der OP-Planung gab es hier demnach keine Unterschiede. Man könnte also davon ausgehen, dass die Patienten, die nun in unserer Nachuntersuchung radiologisch eine eher varische Beinachse zeigten, möglicherweise im postoperativen Verlauf einen Verlust der Achskorrektur erlitten haben, und dass dieser in Gruppe 1 verstärkt aufgetreten ist. Eine mögliche Ursache hierfür könnte eine stärkere Neigung zur allmählichen Dekompensation der medialen Gelenkfläche bei ohnehin schon stärker fortgeschrittener Arthrose sein. Unabhängig von der Gruppenzugehörigkeit könnte ein weiterer Grund für eine im Verlauf zunehmende Varisierung die Dekompensation des medialen Scharniers bei der Verwendung von nicht winkelstabilen Implantaten bei closed wedge Operationen sein. Auch eine Unterkorrektur im Rahmen der Operation kann nicht ausgeschlossen werden. Aufgrund der guten Ergebnisse der Gruppen 2 und 3 bezüglich der Beinachsen lässt sich jedoch weitestgehend ausschließen, dass die zusätzliche Kreuzbandplastik einen negativen intra- oder postoperativen Einfluss auf den Erfolg der Umstellungsosteotomie haben könnte.

Bei der Kombination unterschiedlicher Eingriffe in einer einzigen Operation stellt sich die Frage, ob sich dadurch das Komplikationsrisiko nicht erhöht, und ob man deshalb nicht lieber nur einen Eingriff oder evtl. ein zweizeitiges Vorgehen durchführen sollte. Wir konnten anhand unserer Daten kein erhöhtes Komplikationsrisiko bei den Kombinationseingriffen in Gruppe 2 im Vergleich zu Gruppe 1 feststellen. Und selbst bei den Patienten aus Gruppe 3,

bei denen sogar eine Kombination aus 3 unterschiedlichen Eingriffen durchgeführt wurde, sahen wir kein erhöhtes Komplikationsrisiko.

6.3. Vergleich mit der Literatur

Die Literaturrecherche der letzten Jahre führt zu einigen Studien, die sich mit der Problematik einer Varusgonarthrose bei gleichzeitig bestehender vorderer Kniegelenksinstabilität beschäftigt haben. Jedoch gibt es nur wenige klinische Arbeiten, die das Outcome unterschiedlicher Operationsstrategien bei diesen Patienten miteinander verglichen haben (Lattermann und Jakob 1996; Noyes et al. 2000; Badhe und Forster 2002; Williams et al. 2003). Eine systematische Gegenüberstellung der alleinigen Umstellungsosteotomie mit dem einzeitigen Kombinationseingriff von Umstellungsosteotomie und VKB-Ersatzplastik erfolgte zudem nur bei 3 dieser Studien (Lattermann und Jakob 1996; Badhe und Forster 2002; Williams et al. 2003). Ein Kritikpunkt dieser 3 Publikationen sind allerdings die mit 14 bis 30 Patienten eher kleinen Patientenkollektive.

In unsere Studie konnten wir insgesamt 64 Patienten einschließen, wobei wir 3 Untergruppen hinsichtlich des erfolgten operativen Prozederes bildeten. Mit einer Follow-up Zeit von durchschnittlich 5.9 Jahren repräsentiert unsere Studie Ergebnisse im Mittel- bis Langzeit-Follow-up und lässt dadurch Aussagen über die Nachhaltigkeit des operativen Outcomes zu. 12 unserer Patienten wurden neben einer valgusierenden Umstellungsosteotomie und einer Ersatzplastik des vorderen Kreuzbandes zusätzlich mit einem autologen Knochen-Knorpelzylinder (OATS) versorgt. Da dies einen weiteren, größeren Eingriff im Kniegelenk darstellt, haben wir aus diesen Patienten eine eigene Untersuchungsgruppe gebildet. In der jüngeren Literatur haben wir lediglich eine Publikation gefunden, die sich im Rahmen einer klinischen, vergleichenden Studie mit diesem Patientenkollektiv beschäftigt hat (Agneskirchner et al. 2002).

Auch o.g. Publikationen beschreiben in den meisten Fällen eine deutliche Schmerzbesserung, die sich vor allem in den signifikant verbesserten klinischen Scores zeigte. Eine Ausnahme stellen hier Lattermann und Jakob dar, die diesbezüglich zu schlechteren Ergebnissen kamen (Lattermann und Jakob 1996). Hier klagten im Rahmen der Nachuntersuchung 3 der 8 Patienten, die mittels Kombination von HTO und VKB-Plastik behandelt wurden, und nur einer der 11 Patienten, die lediglich mit einer HTO versorgt wurden, über Schmerzen in Ruhe oder bei leichter körperlicher Belastung. Bei unseren Ergebnissen ließ sich dagegen ebenso

wie bei den anderen genannten Arbeiten bezüglich der Schmerzsymptomatik kein Unterschied zwischen den Gruppen feststellen.

Eine deutliche Verbesserung der Kniegelenksstabilität konnte bei Patienten, die mit einer vorderen Kreuzbandplastik zusammen mit einer hohen tibialen Umstellungsosteotomie versorgt wurden, schon mehrfach in verschiedenen Studien nachgewiesen werden (Noyes et al. 1993; Boss et al. 1995; Lattermann und Jakob 1996; Noyes et al. 2000; Agneskirchner et al. 2002; Badhe und Forster 2002; Williams et al. 2003; Bonin et al. 2004). In unserer Studie zeigt sich jedoch sogar bei den Patienten, die lediglich mit einer valgisierenden Umstellungsosteotomie behandelt wurden, eine Verbesserung der subjektiven und zum Teil auch der objektiven Stabilität. Auch dieses Ergebnis konnte bereits schon in einigen vorherigen Studien festgestellt werden (Holden et al. 1988; Noyes et al. 1993; Dejour et al. 1994; Lattermann und Jakob 1996; Williams et al. 2003). Beispielsweise beschreiben Williams et al., dass in deren Studie 67% der Patienten, die lediglich mit einer Umstellungsosteotomie behandelt wurden, von einer subjektiven Verbesserung der Instabilität berichteten (Williams et al. 2003). Als Ursache werden hierfür unterschiedliche Erklärungen gegeben. Dejour et al. beschreiben eine Zunahme der Stabilität vor allem durch eine veränderte Biomechanik des arthrotischen Kniegelenks durch die vermehrte Ausbildung von Osteophyten, in dem diese zu einer Verbreitung der artikulierenden Gelenkflächen und damit auch zu einer erhöhten Stabilität vor allem unter axialer Belastung führen (Dejour et al. 1994). Auch uns erscheint dies anhand unserer Ergebnisse sehr plausibel, zumal wir bei den Patienten aus Gruppe 1 vornehmlich eine subjektive Verbesserung der Stabilität festgestellt haben, während eine objektive Verbesserung in diesem Ausmaß nicht festzustellen war. Schließlich spielen osteophytäre Anbauten bei den üblichen klinischen Prüfungen zur Objektivierung der Stabilität des vorderen Kreuzbandes aufgrund der verminderten axialen Belastung im Liegen keine große Rolle. Als zusätzliche Erklärung sehen wir allerdings auch das geringere Anforderungsprofil der Patienten aus Gruppe 1 an ihr Kniegelenk, da diesen postoperativ aufgrund der eher fortgeschrittenen Arthrose von hohen Belastungen für das Knie abgeraten wurde. Zudem gehen wir davon aus, dass auch die intensive physiotherapeutische Nachbehandlung einen Teil zur Verbesserung der Kniegelenksstabilität im postoperativen Verlauf beigetragen hat.

In der Literatur wird bei vergleichbaren Studien häufig gezeigt, dass die Patienten trotz der Operation ihre sportliche Aktivität im Vergleich zum Zeitpunkt vor dem Unfall bzw. vor

Beginn der Beschwerden deutlich reduzieren mussten und nur in seltensten Fällen ihr altes sportliches Niveau wieder erreichen konnten (Noyes et al. 1993; Lattermann und Jakob 1996; Badhe und Forster 2002; Williams et al. 2003). Badhe et al. beschreiben, dass es bei solch komplexen Verletzungen und nach diesen entsprechend komplexen Operationen erst gar nicht das Ziel sein kann, postoperativ wieder Wettkampfsport aufzunehmen. Vielmehr gehe es darum, Aktivitäten des täglichen Lebens und eventuell leichten Freizeitsport beschwerdefrei verrichten zu können (Badhe und Forster 2002). Während Sportarten wie Wandern, Golf, Schwimmen oder Radfahren nach solchen Komplexeingriffen meist gut möglich seien, so sind im Bereich von Lauf- und Sprungsportarten doch meist starke Einschränkungen zu erwarten (Noyes et al. 1993). Auch unsere Ergebnisse bestätigen im Großen und Ganzen diese Ansicht. Insgesamt ist es sicherlich nur in den seltensten Fällen möglich, dass die Patienten nach den beschriebenen Operationen wieder das Niveau für Wettkampfsportarten erreichen, jedoch möchten wir hier am Beispiel unserer Untersuchungsgruppen etwas differenzierter vorgehen. Wir haben vor allem festgestellt, dass die Patienten in Gruppe 1 zeitlich weniger und auch weniger intensiven Sport betreiben. Wir erklären uns diese Tatsache dadurch, dass für diese Patienten im Hinblick auf das postoperative Ziel vor allem die Schmerzfreiheit bei alltäglichen Verrichtungen im Vordergrund stand und weniger eine Verbesserung ihrer sportlichen Leistungsfähigkeit. Bei den Patienten der Gruppen 2 und 3 stand präoperativ vor allem das Instabilitätsgefühl als Hauptproblem im Vordergrund. Da sich diese Instabilität sicherlich bei vielen dieser Patienten vor allem bei sportlichen Tätigkeiten zeigte, kann man davon ausgehen, dass diese Patienten schon präoperativ eine hohe sportliche Aktivität zeigten, und es deshalb auch ein wichtiges Anliegen für sie war, ihre sportliche Leistungsfähigkeit durch die Operation wieder verbessern zu können.

Bereits die Studien von Lattermann und Williams zeigten in ihrer radiologischen Auswertung eine postoperative Progression der Arthrose, wobei es keinen Unterschied machte, ob die Patienten lediglich mit einer Umstellungsosteotomie oder einer Kombination aus Umstellungsosteotomie und Kreuzbandplastik versorgt wurden (Lattermann und Jakob 1996; Williams et al. 2003). So war es nicht überraschend, dass auch unsere Ergebnisse im postoperativen Mittel- bis Langzeit-Follow-up eine Zunahme der radiologischen Arthrosezeichen zeigten. Trotz des tendenziell langsameren Fortschreitens der Arthrose bei den Patienten der Gruppe 1 konnten auch wir keinen statistisch signifikanten Unterschied zwischen den verschiedenen Operationsverfahren feststellen.

Unsere radiologische Auswertung der Beinachse legt die Vermutung nahe, dass es im postoperativen Verlauf bei einigen Patienten zu einem Korrekturverlust gekommen ist. Dieses Phänomen wurde bereits von Noyes et al. beschrieben, die im Rückblick auf die Ergebnisse vorheriger Publikationen auch eine Korrelation der Zunahme des Korrekturverlustes mit der seit der Operation vergangenen Zeit feststellen konnten (Noyes et al. 2000). So zeigte zum Beispiel eine Publikation mit einem zu unserer Studie ähnlichen Follow-up Zeitraum von 5,7 Jahren eine Unterkorrektur bei 31% der untersuchten Patienten (Ivarsson et al. 1990). Angesichts dieser zeitlichen Korrelation schließen wir uns der Meinung von Noyes et al. an, die als eine der Hauptursachen für den Korrekturverlust die allmähliche Dekompensation der medialen Gelenkfläche bei schon bestehender Arthrose sehen (Noyes et al. 2000). Dies würde auch einen schnelleren Korrekturverlust der Patienten aus Gruppe 1 erklären.

Aufgrund der Tatsache, dass in der oben genannten Literatur oftmals beschrieben wird, dass bei einem kombinierten Vorgehen mit Umstellungsosteotomie und gleichzeitiger VKB-Plastik ein erhöhtes Komplikationsrisiko bedacht werden muss (Noyes et al. 1993; Lattermann und Jakob 1996; Noyes et al. 2000), ist unsere 3. Untersuchungsgruppe von besonderem Interesse, da hier sogar eine Kombination aus 3 einzelnen Operationen in einem einzigen Eingriff durchgeführt wurde. Bezüglich gehäuft aufgetretener Komplikationen berichten Lattermann und Noyes in ihren Studien vor allem von Überkorrekturen, raschen Korrekturverlusten, Materiallockerungen oder Infektionen, die einen erneuten Eingriff nötig machten (Lattermann und Jakob 1996; Noyes et al. 2000). Zudem wurden erneute Rupturen des Kreuzbandtransplantates und hochgradige Streckdefizite beschrieben. In unserer Studie gab es keinen Patienten, der aufgrund einer Überkorrektur, eines raschen Korrekturverlustes oder einer Materiallockerung erneut operiert werden musste. Nur bei einem Patienten, bei dem ein Kombinationseingriff durchgeführt wurde, kam es zu einem postoperativen Infekt, der einer operativen Revision bedurfte. Allerdings trat auch bei 2 Patienten aus Gruppe 1 ein revisionsbedürftiger Infekt auf. Bei weiteren 4 Patienten war im Verlauf eine Arthroskopie des Kniegelenkes inklusive unterschiedlicher kleinerer Maßnahmen nötig (siehe Tabelle 6). Bei keinem der Patienten konnten wir ein höhergradiges Streckdefizit von mehr als 10° feststellen und lediglich bei 2 von 38 Patienten, die von uns mit einem Kreuzbandtransplantat versorgt wurden, konnten wir in der Untersuchung den Verdacht auf eine erneute Ruptur stellen. Zusammenfassend können wir die Befürchtung, dass ein kombiniertes Vorgehen ein erhöhtes Komplikationsrisiko mit sich bringt, anhand unserer Ergebnisse demnach nicht bestätigen und schließen uns diesbezüglich der Meinung vieler anderer Autoren an, dass wir

bei entsprechender Indikationsstellung und chirurgischer Erfahrung die Durchführung eines einzeitigen Eingriffes empfehlen (Boss et al. 1995; Agneskirchner et al. 2002; Badhe und Forster 2002; Williams et al. 2003; Bonin et al. 2004). Schließlich erspart man den Patienten hierdurch einen zweiten längeren Klinikaufenthalt inklusive Rehabilitation, was nicht nur zeitliche, sondern auch ökonomische Vorteile mit sich bringt (Agneskirchner et al. 2002).

6.4. Limitationen der Studie

Wie schon mehrfach beschrieben, empfiehlt die aktuelle Studienlage bei jüngeren, sportlich aktiven Patienten, bei denen vor allem die Instabilität im Vordergrund steht, eine Kombination aus Umstellung und VKB-Plastik, wohingegen bei älteren Patienten mit fortgeschrittener Varusgonarthrose, bei denen vor allem die Schmerzen im Vordergrund stehen, eine alleinige Achskorrektur vorzuziehen ist. Da auch bei unseren Patienten die Operationsindikation der Studienlage entsprechend gestellt wurde, war es leider nicht möglich Patientengruppen zu bilden, die in allen Merkmalen ausgeglichen sind. Obwohl gemäß unserer Einschlusskriterien das Alter der Patienten zum Zeitpunkt der Operation unter 50 Jahren liegen musste, zeigt sich daher, dass Gruppe 1 im Durchschnitt signifikant älter als die anderen beiden Gruppen war. Außerdem ließ sich bei Gruppe 1 in der radiologischen Diagnostik zum Zeitpunkt der Operation ein signifikant höherer KL-Score feststellen. Es ergab sich somit ein Selektions-Bias, der die Aussagekraft vor allem im Hinblick auf die schließende Statistik im Gruppenvergleich deutlich einschränkt. Dennoch haben wir diesen Nachteil bei der Studienplanung in Kauf genommen, um ein möglichst großes Patientenkollektiv beizubehalten.

Eine weitere Limitation unserer Studie stellt die Tatsache dar, dass uns keine präoperativen Werte der klinischen Scores (Lysholm, WOMAC, IKDC und Tegner) zur Verfügung standen, weshalb diesbezüglich eine Aussage über eine mögliche Verbesserung oder Verschlechterung im postoperativen Verlauf nicht möglich war. Um den klinischen Verlauf dennoch beurteilen zu können, haben wir unsere Studienpatienten deshalb direkt zur Entwicklung der beiden Hauptsymptome Schmerz und Instabilität im Vergleich zum Zeitpunkt vor der Operation befragt.

Im Rahmen der radiologischen Diagnostik wären Ganzbeinaufnahmen zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung sicherlich wünschenswert gewesen, um eine möglichst genaue Aussage über die aktuelle Beinachse treffen zu können. Mithilfe der Methode nach Hinman lassen sich

jedoch gute Näherungswerte bestimmen und durch die ermittelten Ergebnisse Tendenzen im Gruppenvergleich darlegen.

6.5. Schlussfolgerung und Ausblick

Eine medial betonte Gonarthrose bei Varusfehlstellung und vorderer Kniegelenksinstabilität stellt ein höchst komplexes Krankheitsbild dar, welches die behandelnden Operateure oft vor eine schwierige Herausforderung stellt. Patienten, die sich mit diesen Diagnosen beim Arzt vorstellen, haben zudem äußerst uneinheitliche weitere Charakteristika, weshalb es die eine richtige Strategie für alle Patienten sicherlich nicht geben kann.

Die valgisierende Umstellungsosteotomie ist eine gute Möglichkeit zur Therapie der Varusgonarthrose auch bei bestehender vorderer Kniegelenksinstabilität. Hierdurch können wir die Schmerzen dieser Patienten deutlich lindern. Und auch, wenn keine Kreuzbandplastik durchgeführt wird, erreichen wir schon durch die Umstellungsosteotomie alleine eine gewisse Besserung der Stabilität. Zusammenfassend lässt sich durch dieses Procedere also ein aktiveres Teilnehmen am Alltagsleben ermöglichen. Höheren Ansprüchen an die körperliche Leistungsfähigkeiten kann durch die alleinige Umstellungsosteotomie im Regelfall jedoch nicht genüge getan werden.

Der Kombinationseingriff aus valgisierender Umstellungsosteotomie und Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes bei Varusgonarthrose und vorderer Kniegelenksinstabilität ermöglicht einerseits eine Schmerzreduktion und andererseits eine deutliche Verbesserung der Kniegelenksstabilität. In den meisten Fällen lässt sich hierdurch zwar nicht die Rückkehr zum Wettkampfsport, jedoch in vielen Fällen das regelmäßige Betreiben von leichtem Freizeitsport ermöglichen.

Ergibt sich anhand des MR-morphologischen oder des arthroskopischen Befundes zusätzlich noch die Möglichkeit zur Knorpel-Knochen-Transplantation so sehen wir keine Bedenken, auch diese in das operative Vorgehen zu integrieren.

Bei der Entscheidungsfindung zur richtigen operativen Therapie spielen also verschiedene Faktoren eine wichtige Rolle.

Das oberste Ziel der Behandlung ist die Zufriedenheit der Patienten. Jedoch kann diese Zufriedenheit von unterschiedlichen Vorstellungen geprägt sein. Für einen Teil der Patienten ist es wichtig, dass die eingeschränkte sportliche Leistungsfähigkeit durch die Operation wieder verbessert wird, für die Anderen ist es ausreichend, wenn sie nach der Operation ihre alltäglichen Aktivitäten wieder schmerzfrei verrichten können. Um eine hohe

Patientenzufriedenheit zu erreichen, ist daher eine genaue Anamnese unabdingbar. Die Patienten sollten deshalb im Rahmen der OP-Planung nicht nur nach ihren Symptomen befragt werden, sondern auch direkt äußern, was sie sich selbst durch die Operation erhoffen. Erst dann kann eine individuelle Strategie zusammen mit dem Patienten erstellt werden.

Abbildung 15 stellt einige der wichtigsten Faktoren dar, die bei der Entscheidung zum operativen Procedere eine Rolle spielen sollten.

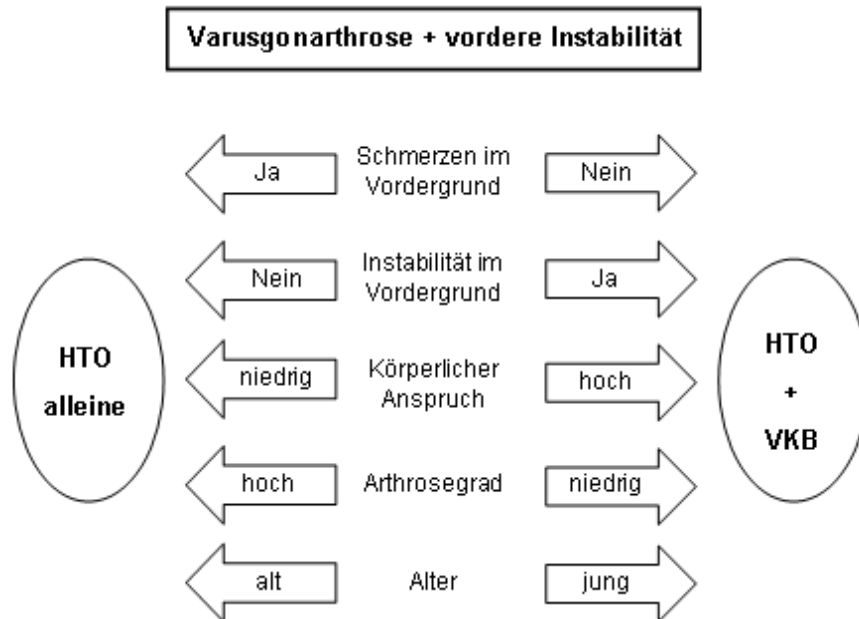


Abbildung 15: Wichtige Faktoren bei der Entscheidung zum operativen Procedere bei Varusgonarthrose und vorderer Kniegelenksinstabilität.

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie bestätigen unsere Ansicht, dass durch solch ein differenziertes Vorgehen eine hohe postoperative Zufriedenheit auch bei deutlichen Schädigungen des Kniegelenkes erreicht werden kann.

Natürlich besteht weiterhin eine Grauzone hinsichtlich der Therapieentscheidung, die auch durch diese Studie nicht geklärt werden konnte.

Wir konnten zwar feststellen, dass schon durch die alleinige Umstellungsosteotomie eine gewisse Besserung der Kniegelenksstabilität erreicht werden kann. Unklar ist jedoch, welche Faktoren hierfür ausschlaggebend sind, und ob diese Faktoren womöglich im Rahmen der Umstellungsosteotomie beeinflusst werden können, um hierdurch ein noch höheres Maß an Stabilität zu erreichen.

Des Weiteren stellt sich die Frage, welchen Einfluss die Kreuzbandplastik auf die Progredienz der Arthrose im medialen Gelenkkompartiment hat. Wir konnten im Gruppenvergleich keine

signifikant stärkere Progredienz der radiologischen Arthrosezeichen feststellen und auch die Schmerzentwicklung zeigte keine signifikanten Unterschiede. Zu Überlegen wäre also, ob sich die Indikation zur zusätzlichen Kreuzbandplastik nicht weiter in den älteren Patientenbereich mit etwas fortgeschrittener Arthrose ausweiten ließe.

Das Zusammenspiel zwischen Varusgonarthrose bzw. valgusierender Umstellungsosteotomie einerseits und vorderer Kniegelenksstabilität bzw. VKB-Plastik andererseits lässt somit noch viele Fragen offen. Demnach sind eine Reihe weiterer biomechanischer und vor allem klinischer Studien erforderlich, um hierfür ein besseres Verständnis zu erlangen und den Patienten die optimale Therapie zu empfehlen bzw. zu ermöglichen.

7. Zusammenfassung

Die hohe tibiale Osteotomie (HTO) ist eine weit verbreitete Therapiemöglichkeit zur Behandlung der Varusgonarthrose. Ebenso gilt die VKB-Plastik schon seit Langem als Routineeingriff bei Patienten mit vorderer Knieinstabilität. In der Literatur gibt es jedoch keine Einigung darüber, wie Patienten mit VKB-Insuffizienz und gleichzeitig bestehender Varusgonarthrose behandelt werden sollen. Ist die alleinige HTO die Therapie der Wahl, oder ist es die Kombination aus HTO, VKB-Plastik und ggf. knorpelchirurgischen Verfahren wie OATS?

In einer retrospektiven Studie wurden 64 Patienten (20 Frauen, 44 Männer) im Alter <50 Jahren nachuntersucht, die bei Varusgonarthrose und VKB-Insuffizienz operiert wurden. 26 Patienten hatten nur eine HTO erhalten (Gruppe 1), 26 Patienten hatten den Kombinationseingriff aus HTO und VKB-Plastik erhalten (Gruppe 2) und 12 Patienten hatten neben einer HTO und VKB-Plastik noch eine OATS-Plastik erhalten (Gruppe 3). Die Nachuntersuchung fand im Durchschnitt 5,9 Jahre postoperativ statt. Grundlage der Nachuntersuchung stellten ein standardisierter Fragebogen, klinische Scores (Lysholm, IKDC, WOMAC, Tegner), eine klinische Untersuchung des Kniegelenks, die Prüfung der Kniegelenksstabilität mit dem KT-2000-Arthrometer und eine Röntgendiagnostik zur Bestimmung des Arthrosegrades (KL-Score) und der Beinachse dar. Außerdem lag die präoperative Röntgendiagnostik zur Auswertung vor. Die statistische Analyse der Ergebnisse erfolgte mithilfe der Software IBM SPSS Statistics (Version 19). Das kritische Signifikanzniveau wurde auf 5% festgelegt.

Die Analyse der präoperativen Daten zeigte für Gruppe 1 ein statistisch signifikant höheres Alter und einen signifikant höheren Arthrosegrad zum OP-Zeitpunkt. Es lag somit ein gewisser Selektionsbias vor. Die Nachuntersuchung ergab, dass 93,7 % aller Patienten mit dem postoperativen Ergebnis „sehr zufrieden“ oder „zufrieden“ waren. Bei 78,1 % aller Patienten haben sich die Schmerzen und bei 79,7 % aller Patienten hat sich die Instabilität subjektiv gebessert. Statistisch signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen zeigten sich hier nicht. Die klinischen Scores ergaben insgesamt gute bis sehr gute Ergebnisse. Gruppe 1 zeigte jedoch beim WOMAC-Schmerz-Score und beim IKDC-Score statistisch signifikant schlechtere Ergebnisse. Der Lachman-Test ergab bei Gruppe 1 signifikant schlechtere Ergebnisse, wobei die Untersuchung mit dem Arthrometer keine signifikanten Unterschiede im Gruppenvergleich aufwies. Im Vergleich der Röntgenbilder der Nachuntersuchung mit den präoperativen Röntgenbildern konnte in keiner der Gruppen ein signifikant stärkeres Ansteigen des KL-Scores festgestellt werden. Jedoch zeigte sich bei Gruppe 1 eine statistisch

signifikant varischere Beinachse zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung. Die postoperative Komplikationsrate war mit 4,7 % insgesamt niedrig und ergab keine signifikanten Unterschiede im Gruppenvergleich.

Die vorliegende Studie zeigt, dass auch durch eine alleinige HTO ein deutlicher Zugewinn an Stabilität erreicht werden kann. Eine erhöhte Arthroseprogredienz oder ein erhöhtes Komplikationsrisiko durch eine zusätzliche VKB-Plastik konnte nicht nachgewiesen werden. Patienten mit Varusgonarthrose und VKB-Insuffizienz stellen ein inhomogenes Patientenkollektiv dar, weshalb es die eine Therapie der Wahl nicht geben kann. Ein differenziertes Vorgehen ist nötig, um eine hohe postoperative Zufriedenheit zu erreichen.

8. Literaturverzeichnis

- Aglietti, P., Buzzi, R., Vena, L.M., Baldini, A., Mondaini, A. (2003). "High tibial valgus osteotomy for medial gonarthrosis: a 10- to 21-year study." *J Knee Surg* 16(1): 21-6.
- Aglietti, P., Buzzi, R., Zaccherotti, G., De Biase, P. (1994). "Patellar tendon versus doubled semitendinosus and gracilis tendons for anterior cruciate ligament reconstruction." *Am J Sports Med* 22(2): 211-7; discussion 217-8.
- Agneskirchner, J. D., Burkart, A., Imhoff, A.B. (2002). "Achsenfehlstellung, Knorpelschaden und Kreuzbandruptur – Begleiteingriffe bei der VKB-Plastik." *Unfallchirurg* 105(3): 237–245.
- Agneskirchner, J. D., Hurschler, C., Stukenborg-Colsman, C., Imhoff, A.B., Lobenhoffer, P. (2004). "Effect of high tibial flexion osteotomy on cartilage pressure and joint kinematics: a biomechanical study in human cadaveric knees. Winner of the AGA-DonJoy Award 2004." *Arch Orthop Trauma Surg* 124(9): 575-584.
- Akizuki, S., Shibakawa, A., Takizawa, T., Yamazaki, I., Horiuchi, H. (2008). "The long-term outcome of high tibial osteotomy: a ten- to 20-year follow-up." *J Bone Joint Surg Br* 90(5): 592-6.
- Almqvist, K.F., Willaert, P., De Brabandere, S., Criel, K., Verdonk, R. (2009). "A long-term study of anterior cruciate ligament allograft reconstruction." *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 17(7): 818-22.
- Badhe, N.P., Forster, I.W. (2002). "High tibial osteotomy in knee instability: the rationale of treatment and early results." *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 10(1): 38-43.
- Bellamy, N., Buchanan, W.W., Goldsmith, C.H., Campbell, J., Stitt, L.W. (1988). "Validation study of WOMAC: a health status instrument for measuring clinically important patient relevant outcomes to antirheumatic drug therapy in patients with osteoarthritis of the hip or knee." *J Rheumatol* 15(12): 1833-40.
- Bonin, N., Ait Si Selmi T., Donell, S.T., Dejour, H., Neyret, P. (2004). "Anterior cruciate reconstruction combined with valgus upper tibial osteotomy: 12 years follow-up." *Knee* 11(6): 431-7.
- Boss, A., Stutz, G., Oursin, C., Gächter, A. (1995). "Anterior cruciate ligament reconstruction combined with valgus tibial osteotomy (combined procedure)." *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 3(3): 187-91.
- Brandon, M. L., Haynes, P.T., Bonamo, J.R., Flynn, M.I., Barrett, G.R., Sherman, M.F. (2006). "The association between posterior-inferior tibial slope and anterior cruciate ligament insufficiency." *Arthroscopy* 22(8): 894-899.

- Bruns, J., Volkmer M., Luessenhop, S. (1993). "Pressure distribution at the knee joint. Influence of varus and valgus deviation without and with ligament dissection." *Arch Orthop Trauma Surg* 113(1): 12-9.
- Burkart, C., Schoettle, Ph.B., Imhoff, A.B.. (2001). "Operative Therapiemöglichkeiten des Knorpelschadens." *Unfallchirurg* 104(9): 798–807.
- Cerejo, R., Dunlop, D.D., Cahue, S., Channin, D., Song, J., Sharma, L. (2002). "The influence of alignment on risk of knee osteoarthritis progression according to baseline stage of disease." *Arthritis Rheum* 46(10): 2632-6.
- Cicuttini, F., Wluka, A., Hankin, J., Wang, Y. (2004). "Longitudinal study of the relationship between knee angle and tibiofemoral cartilage volume in subjects with knee osteoarthritis." *Rheumatology (Oxford)* 43(3): 321-4.
- Cicuttini, F.M., Spector, T.D. (1996). "Genetics of osteoarthritis." *Ann Rheum Dis* 55(9): 665-7.
- Cicuttini, F.M., Wluka, A.E., Wang, Y., Davis, S.R., Hankin, J., Ebeling, P. (2002). "Compartment differences in knee cartilage volume in healthy adults." *J Rheumatol* 29(3): 554-6.
- Coggon, D., Croft, P., Kellingray, S., Barrett, D., MaLaren, M., Cooper, C. (2000). "Occupational physical activities and osteoarthritis of the knee." *Arthritis Rheum* 43(7): 1443-9.
- Coventry, M.B., Ilstrup, D.M., Wallrichs, S.L. (1993). "Proximal tibial osteotomy. A critical long-term study of eighty-seven cases." *J Bone Joint Surg Am* 75(2): 196-201.
- Dejour, H., Bonnin, M. (1994). "Tibial translation after anterior cruciate ligament rupture. Two radiological tests compared." *J Bone Joint Surg Br* 76(5): 745-9.
- Dejour, H., Neyret, P., Boileau, P., Donell, S.T. (1994). "Anterior cruciate reconstruction combined with valgus tibial osteotomy." *Clin Orthop Relat Res*(299): 220-8.
- Dejour, H., Neyret P., Bonnin, M., Fu, F., Harner, C.D. (1994). "Instability and osteoarthritis." *Knee surgery* 42: 859-875.
- Eckstein, F., Winzheimer, M., Westhoff, J., Schnier, M., Haubner, M., Englmeier, K.H., Reiser, M., Putz, R. (1998). "Quantitative relationships of normal cartilage volumes of the human knee joint--assessment by magnetic resonance imaging." *Anat Embryol (Berl)* 197(5): 383-90.
- Felson, D. T. (1988). "Epidemiology of hip and knee osteoarthritis." *Epidemiol Rev* 10: 1-28.
- Felson, D.T., Lawrence, R.C., Hochberg, M.C., McAlindon, T., Dieppe, P.A., Minor, M.A., Blair, S.N., Berman, B.M., Fries, J.F., Weinberger, M., Lorig, K.R, Jacobs, J.J.,

- Goldberg, V. (2000). "Osteoarthritis: new insights. Part 2: treatment approaches." *Ann Intern Med* 133(9): 726-37.
- Felson, D.T., Naimark, A., Anderson, J., Kazis, L., Castelli, W., Meenan, R.F. (1987). "The prevalence of knee osteoarthritis in the elderly. The Framingham Osteoarthritis Study." *Arthritis Rheum* 30(8): 914-8.
- Fening, S.D., Kovacic, J., Kambic, H., McLean, S., Scott, J., Miniaci, A. (2008). "The effects of modified posterior tibial slope on anterior cruciate ligament strain and knee kinematics: a human cadaveric study." *J Knee Surg* 21(3): 205-211.
- Feucht, M.J., Mauro, C.S., Brucker, P., Imhoff, A.B., Hinterwimmer, S. (2012). "The role of the tibial slope in sustaining and treating anterior cruciate ligament." *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc Epub* ahead of print.
- Fink, C., Hoser, C., Hackl, W., Navarro, R.A., Benedetto, K.P. (2001). "Long-term outcome of operative or nonoperative treatment of anterior cruciate ligament rupture--is sports activity a determining variable?" *Int J Sports Med* 22(4): 304-9.
- Fu, F.H., Bennett, C.H., Lattermann, C., Ma, C.B. (1999). "Current trends in anterior cruciate ligament reconstruction. Part 1: Biology and biomechanics of reconstruction." *Am J Sports Med* 27(6): 821-30.
- Fujisawa, Y., Masuhara, K., Shiomi, S. (1979). "The effect of high tibial osteotomy on osteoarthritis of the knee. An arthroscopic study of 54 knee joints." *Orthop Clin North Am* 10(3): 585-608.
- Gokeler, A., Zantop, T., Jöllenbeck, T. (2010). "Epidemiologie." *GOTS-Expertenmeeting: Vorderes Kreuzband* 1(1): 3-14.
- Griffin, J.R., Vogrin, T.M., Zantop, T., Woo, S.L., Harner, C.D. (2004). "Effects of increasing tibial slope on the biomechanics of the knee." *Am J Sports Med* 32(2): 376-382.
- Hefti, F., Müller, W., Jakob, R.P., Stäubli, H.-U. (1993). "Evaluation of knee ligament injuries with the IKDC form." *knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 1(3-4): 226-34.
- Hernigou, P., Medevielle, D., Debeyre, J., Goutallier, D. (1987). "Proximal tibial osteotomy for osteoarthritis with varus deformity. A ten to thirteen-year follow-up study." *J Bone Joint Surg Am* 69(3): 332-54.
- Hertel, P., Behrend, H., Cierpinski, T., Musahl, V., Widjaja, G. (2005). "ACL reconstruction using bone-patellar tendon-bone press-fit fixation: 10-year clinical results." *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 13(4): 248-55.
- Hewett, T.E., Myer, G.D., Ford, K.R. (2001). "Prevention of anterior cruciate ligament injuries." *Curr Womens Health Rep* 1(3): 218-24.

- Hewett, T.E., Myer, G.D., Ford, K.R., Heidt, R.S., Jr., Colosimo, A.J., McLean, S.G., van den Bogert, A.J., Paterno, M.V., Succop, P. (2005). "Biomechanical measures of neuromuscular control and valgus loading of the knee predict anterior cruciate ligament injury risk in female athletes: a prospective study." *Am J Sports Med* 33(4): 492-501.
- Hinman, R.S., May, R.L., Crossley, K.M. (2006). "Is there an alternative to the full-leg radiograph for determining knee joint alignment in osteoarthritis?" *Arthritis Rheum* 55(2): 306-13.
- Holden, D., James, S., Larson, R., Solcum, D. (1988). "Proximal tibial osteotomy in patients who are fifty years old or less." *J Bone Joint Surg Am* 70: 977-982.
- Imhoff, A.B., Linke, R.D., Agneskirchner, J. (2004). "Korrekturosteotomie bei Primary-Varus-, Double-Varus- und Triple-Varus-Knieinstabilität mit Kreuzbandersatz." *Orthopäde* 33(2): 201-207.
- Ivarsson, I., Myrnerets, R., Gillquist, J. (1990). "High tibial osteotomy for medial osteoarthritis of the knee. A 5 to 7 and 11 to 13 year follow-up." *J Bone Joint Surg Br* 72: 238–244.
- Jakob, R.P., Jacobi, M. (2004). "Die zuklappende Tibiakopfosteotomie in der Behandlung der unikompartimentären Arthrose." *Orthopäde* 33(2): 143–151.
- Johnson, R.J., Eriksson, E., Haggmark, T., Pope, M.H. (1984). "Five- to ten-year follow-up evaluation after reconstruction of the anterior cruciate ligament." *Clin Orthop Relat Res*(183): 122-40.
- Kellgren J.H., Jeffrey, M., Ball, J. (1963). "Atlas of standard radiographs." Oxford: Blackwell Scientific 2.
- Kellgren, J.H., Lawrence, J.S. (1957). "Radiological assessment of osteo-arthrosis." *Ann Rheum Dis* 16(4): 494-502.
- Kling, T.F., Jr., Hensinger, R.N. (1983). "Angular and torsional deformities of the lower limbs in children." *Clin Orthop Relat Res*(176): 136-47.
- Labs, K., Paul, B. (1997). "To compare and contrast the various evaluation scoring systems after anterior cruciate ligament reconstruction." *Arch Orthop Trauma Surg* 116(1-2): 92-96.
- Lane, N.E., Buckwalter, J.A. (1999). "Exercise and osteoarthritis." *Curr Opin Rheumatol* 11(5): 413-6.
- Lattermann, C., Jakob, R.P. (1996). "High tibial osteotomy alone or combined with ligament reconstruction in anterior cruciate ligament-deficient knees." *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 4(1): 32-8.

- Lerat, J.L., Moyen, B., Garin, C., Mandrino, A., Besse, J.L., Brunet-Guedj, E. (1993). "[Anterior laxity and internal arthritis of the knee. Results of the reconstruction of the anterior cruciate ligament associated with tibial osteotomy]." *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot* 79(5): 365-74.
- Levy, A.S., Meier, S.W. (2003). "Approach to cartilage injury in the anterior cruciate ligament-deficient knee." *Orthop Clin North Am* 34(1): 149-67.
- Liden, M., Ejerhed, L., Sernert, N., Laxdal, G., Kartus, J. (2007). "Patellar tendon or semitendinosus tendon autografts for anterior cruciate ligament reconstruction: a prospective, randomized study with a 7-Year follow-up." *Am J Sports Med* 35(5): 740-8.
- Liu, W., Maitland, M.E. (2003). "Influence of anthropometric and mechanical variations on functional instability in the ACL-deficient knee." *Ann Biomed Eng* 31(10): 1153-1161.
- Lobenhoffer, P. (1999). "Teil II. Operative Therapie bei vorderer und hinterer Knieinstabilität." *Chirurg* 70(3): 326-338
- Lobenhoffer, P., Agneskirchner, J., Zoch, W. (2004). "Die öffnende valgusierende Osteotomie der proximalen Tibia mit Fixation durch einen medialen Plattenfixateur." *Orthopäde* 33(2): 153-160.
- Lysholm, J., Gillquist, J. (1982). "Evaluation of knee ligament surgery results with special emphasis on use of a scoring scale." *Am J Sports Med* 10(3): 150-4.
- Malcom, L.L., Daniel, D.M., Stone, M.L., Sachs, R.. (1985). "The measurement of anterior knee laxity after ACL reconstructive surgery." *Clin Orthop Relat Res*(196): 35-41.
- McDaniel, W.J., Jr., Dameron, T.B., Jr. (1980). "Untreated ruptures of the anterior cruciate ligament. A follow-up study." *J Bone Joint Surg Am* 62(5): 696-705.
- McDaniel, W. J., Jr., Dameron, T.B., Jr. (1983). "The untreated anterior cruciate ligament rupture." *Clin Orthop Relat Res*(172): 158-63.
- McKellop, H.A., Sigtholm, G., Redfern, F.C., Doyle, B., Sarmiento, A., Luck, J.V., Sr. (1991). "The effect of simulated fracture-angulations of the tibia on cartilage pressures in the knee joint." *J Bone Joint Surg Am* 73(9): 1382-91.
- Milner, S.A., Davis, T.R., Muir, K.R., Greenwood, D.C., Doherty, M. (2002). "Long-term outcome after tibial shaft fracture: is malunion important?" *J Bone Joint Surg Am* 84-A(6): 971-80.
- Moskowitz, R.W., Kelly, M.A., Lewallen, D.G. (2004). "Understanding osteoarthritis of the knee--causes and effects." *Am J Orthop (Belle Mead NJ)* 33(2 Suppl): 5-9.

- Neame, R.L., Muir, K., Doherty, S., Doherty, M. (2004). "Genetic risk of knee osteoarthritis: a sibling study." *Ann Rheum Dis* 63(9): 1022-7.
- Neuschwander, D.C., Drez, D., Jr., Paine, R.M. (1993). "Simultaneous high tibial osteotomy and ACL reconstruction for combined genu varum and symptomatic ACL tear." *Orthopedics* 16(6): 679-84.
- Neyret, P., Donell, S.T., Dejour, H. (1993). "Results of partial meniscectomy related to the state of the anterior cruciate ligament. Review at 20 to 35 years." *J Bone Joint Surg Br* 75(1): 36-40.
- Noyes, F.R., Barber-Westin, S.D., Hewett, T.E. (2000). "High tibial osteotomy and ligament reconstruction for varus angulated anterior cruciate ligament-deficient knees." *Am J Sports Med* 28(3): 282-96.
- Noyes, F.R., Barber, S.D., Simon, R. (1993). "High tibial osteotomy and ligament reconstruction in varus angulated, anterior cruciate ligament-deficient knees. A two- to seven-year follow-up study." *Am J Sports Med* 21(1): 2-12.
- O'Neill, D.F., James, S.L. (1992). "Valgus osteotomy with anterior cruciate ligament laxity." *Clin Orthop Relat Res*(278): 153-9.
- Oiestad, B.E., Engebretsen, L., Storheim, K., Risberg, M.A. (2009). "Knee osteoarthritis after anterior cruciate ligament injury: a systematic review." *Am J Sports Med* 37(7): 1434-43.
- Olsen, O.E., Myklebust, G., Engebretsen, L., Bahr, R. (2004). "Injury mechanisms for anterior cruciate ligament injuries in team handball: a systematic video analysis." *Am J Sports Med* 32(4): 1002-12.
- Outerbridge, R.E. (1961). "The ethiology of chondromalacia patellae." *J Bone Joint Surg Br* 43: 752-757.
- Papageorgiou, C.D., Ma, C.B., Abramowitch, S.D., Clineff, T.D., Woo, S.L. (2001). "A multidisciplinary study of the healing of an intraarticular anterior cruciate ligament graft in a goat model." *Am J Sports Med* 29(5): 620-6.
- Park, M.J., Lee, M.C., Seong, S.C. (2001). "A comparative study of the healing of tendon autograft and tendon-bone autograft using patellar tendon in rabbits." *Int Orthop* 25(1): 35-9.
- Queale, W.S., Snyder-Mackler, L., Handling, K.A., Richards, J.G. (1994). "Instrumented examination of knee laxity in patients with anterior cruciate deficiency: a comparison of the KT-2000, Knee Signature System, and Genucom." *J Orthop Sports Phys Ther* 19(6): 345-51.

- Renstrom, P., Ljungqvist, A., Arendt, E., Beynon, B., Fukubayashi, T., Garrett, W., Georgoulis, T., Hewett, T.E., Johnson, R., Krosshaug, T., Mandelbaum, B., Micheli, L., Myklebust, G., Roos, E., Roos, H., Schamasch, P., Schultz, S., Werner, S., Wojtys, E., Engebretsen, L. (2008). "Non-contact ACL injuries in female athletes: an International Olympic Committee current concepts statement." *Br J Sports Med* 42(6): 394-412.
- Sanfridsson, J., Ryd, L., Svahn, G., Friden, T., Jonsson, K. (2001). "Radiographic measurement of femorotibial rotation in weight-bearing. The influence of flexion and extension in the knee on the extensor mechanism and angles of the lower extremity in a healthy population." *Acta Radiol* 42(2): 207-17.
- Schabus, R., Bosina, E. (2007). *Das Knie: Diagnostik-Therapie-Rehabilitation*. Wien, Springer-Verlag.174.
- Schnettler, R., Horas, U., Meyer, C.. (2008). "Autologe osteochondrale Transplantate." *Orthopäde* 37(8): 734-742.
- Shao, Q., MacLeod, T.D., Manal, K., Buchanan, T.S. (2011). "Estimation of ligament loading and anterior tibial translation in healthy and ACL-deficient knees during gait and the influence of increasing tibial slope using EMG-driven approach." *Ann Biomed Eng* 39(1): 110-121.
- Sharma, L., Lou, C., Cahue, S., Dunlop, D.D. (2000). "The mechanism of the effect of obesity in knee osteoarthritis: the mediating role of malalignment." *Arthritis Rheum* 43(3): 568-75.
- Sharma, L., Song, J., Felson, D.T., Cahue, S., Shamiyeh, E., Dunlop, D.D. (2001). "The role of knee alignment in disease progression and functional decline in knee osteoarthritis." *Jama* 286(2): 188-95.
- Shelbourne, K.D., Dickens, J.F. (2007). "Joint space narrowing after partial medial meniscectomy in the anterior cruciate ligament-intact knee." *J Am Acad Orthop Surg* 15(9): 519-24.
- Shelburne, K.B., Kim, H.J, Sterett, W.I., Pandy, M.G. (2011). "Effect of posterior tibial slope on knee biomechanics during functional activity." *J Orthop Res* 29(2): 223-231.
- Spalteholz, W., His, W. (1921). *Handatlas der Anatomie des Menschen*. Erster Band. Knochen, Gelenke, Bänder. Leipzig, Hirzel.214.
- Spector, T.D., Harris, P.A., Hart, D.J., Cicuttini, F.M., Nandra, D., Etherington, J., Wolman, R.L., Doyle, D.V. (1996). "Risk of osteoarthritis associated with long-term weight-

- bearing sports: a radiologic survey of the hips and knees in female ex-athletes and population controls." *Arthritis Rheum* 39(6): 988-95.
- Sprengr, T.R., Doerzbacher, J.F. (2003). "Tibial osteotomy for the treatment of varus gonarthrosis. Survival and failure analysis to twenty-two years." *J Bone Joint Surg Am* 85-A(3): 469-74.
- Staubli, A.E., De Simoni, C., Babst, R., Lobenhoffer, P. (2003). "TomoFix: a new LCP-concept for open wedge osteotomy of the medial proximal tibia-early results in 92 cases." *Injury* 34(2): B55-62.
- Strand, T., Molster, A., Hordvik, M., Krukhaug, Y. (2005). "Long-term follow-up after primary repair of the anterior cruciate ligament: clinical and radiological evaluation 15-23 years postoperatively." *Arch Orthop Trauma Surg* 125(4): 217-21.
- Stucki, G., Meier, D., Stucki, S., Michel, B.A., Tyndall, A.G., Dick, W., Theiler, R. (1996). "[Evaluation of a German version of WOMAC (Western Ontario and McMaster Universities) Arthrosis Index]." *Z Rheumatol* 55(1): 40-9.
- Stutz, G., Boss, A, Gachter, A. (1996). "Comparison of augmented and non-augmented anterior cruciate ligament reconstruction combined with high tibial osteotomy." *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 4(3): 143-8.
- Tegner, Y., Lysholm, J. (1985). "Rating systems in the evaluation of knee ligament injuries." *Clin Orthop Relat Res*(198): 43-9.
- Todd, M.S., Lalliss, S, Garcia, E, DeBerardino, T.M., Cameron, K.L. (2010). "The relationship between posterior tibial slope and anterior cruciate ligament-sectioned knee." *Am J Sports Med* 38(1): 63-67.
- Veth, R.P. (1985). "Clinical significance of knee joint changes after meniscectomy." *Clin Orthop Relat Res*(198): 56-60.
- Williams, R.J., 3rd, Kelly, B.T., Wickiewicz, T.L., Altchek, D.W., Warren, R.F. (2003). "The short-term outcome of surgical treatment for painful varus arthritis in association with chronic ACL deficiency." *J Knee Surg* 16(1): 9-16.
- Williams, R.J., 3rd, Wickiewicz, T.L., Warren, R.F. (2000). "Management of unicompartmental arthritis in the anterior cruciate ligament-deficient knee." *Am J Sports Med* 28(5): 749-60.
- Woo, S.L., Hollis, J.M., Adams, D.J., Lyon, R.M., Takai, S. (1991). "Tensile properties of the human femur-anterior cruciate ligament-tibia complex. The effects of specimen age and orientation." *Am J Sports Med* 19(3): 217-25.

Yu, B., Garrett, W.E. (2007). "Mechanisms of non-contact ACL injuries." Br J Sports Med 41 Suppl 1: i47-51.

9. Anhang: Patientenfragebogen

Allgemeine Daten

Name _____

Vorname _____

Telefon _____

Email _____

Adresse _____

Geb. Datum _____

Alter

Größe

Gewicht

Seit wann haben Sie Beschwerden im operierten Kniegelenk?

Traten die Beschwerden nach einem Unfall auf oder spontan ohne ersichtliche Ursache?

Wurden Sie an diesem Knie vor oben genannter Operation schon einmal operiert? Wenn ja, geben Sie bitte eine kurze Beschreibung der jeweiligen Operation und wann die Operation erfolgte:

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.

Wie zufrieden sind sie mit der damaligen Operation in unserem Haus?

- Sehr zufrieden
- Zufrieden
- Mäßig zufrieden
- Unzufrieden

Würden Sie sich noch einmal für die oben genannte Operation entscheiden?

- Ja
- Nein

Wie sind Ihre Schmerzen jetzt im Vergleich zur Zeit unmittelbar vor oben genannter Operation?

Die Schmerzen...

- ...haben sich stark gebessert
- ...haben sich gebessert
- ...sind in etwa gleich
- ...haben sich verschlechtert
- ...haben sich stark verschlechtert

Wie ist die Schwellung am Knie jetzt im Vergleich zur Zeit unmittelbar vor oben genannter Operation?

Die Schwellung...

- ...hat sich stark gebessert
- ...hat sich gebessert
- ...ist in etwa gleich
- ...hat sich verschlechtert
- ...hat sich stark verschlechtert

Wie ist die Instabilität im Knie jetzt im Vergleich zur Zeit unmittelbar vor oben genannter Operation?

Die Instabilität...

- ...hat sich stark gebessert
- ...hat sich gebessert
- ...ist in etwa gleich
- ...hat sich verschlechtert
- ...hat sich stark verschlechtert

Wurden Sie an diesem Knie nach oben genannter Operation noch einmal operiert? Wenn ja, geben Sie bitte eine kurze Beschreibung der jeweiligen Operation und wann die Operation erfolgte

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.

Hatten Sie an diesem Knie nach oben genannter Operation (noch einmal) einen Unfall? Wenn ja geben Sie bitte eine kurze Beschreibung des jeweiligen Unfalls und wann der Unfall erfolgte:

- 1.
- 2.

Sind bei Ihnen seit oben genannter Operation neue andere Erkrankungen aufgetreten?
(Rheumatische Erkrankungen, Diabetes, Osteoporose, weitere Stoffwechselerkrankungen, etc.)
Wenn ja, welche und seit wann?

Nehmen sie Regelmäßig Medikamente? Wenn ja, welche, wie oft und seit wann?

A 1. Allgemeine Fragen

Haben Sie aktuell Schmerzen am Knie?

- Ja, starke Schmerzen Ja, mäßige Schmerzen
 Ja, gelegentlich leichte Schmerzen Keine Schmerzen

Haben Sie evtl. Sport auf Grund der Knieschmerzen aufgegeben oder reduziert?

- Nein Reduziert Aufgegeben

Wie häufig machen Sie derzeit Sport

- Kein Sport 1-2 mal 3-5 mal mehr als 5 mal

Nehmen Sie derzeit Schmerzmedikamente wegen des Knies?

- Ja, regelmäßig Ja, bei Bedarf Nein

A 2. VAS

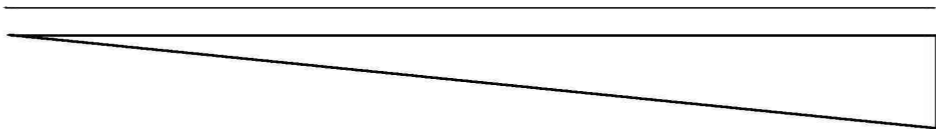
Visuelle Analogskala = subjektive Einschätzung Ihrer aktuellen Schmerzen

Wie beurteilen Sie den Schmerz in Ihrem Knie zur Zeit?

Bitte auf der Linie ankreuzen:

kein Schmerz (0)

unerträglicher Schmerz (10)



A3. LYSHOLM- Kniescore

1. Hinken oder humpeln Sie ?

- nie
- wenig oder nur zeitweise
- schwer und ständig

2. Benötigen Sie eine Gehhilfe ?

- nein
- Stock oder Krücke
- gehunfähig

3. Treppensteigen ?

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

4. In die Hocke gehen?

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

5. Unsicherheitsgefühl im Kniegelenk ?

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

6. Schmerzen ?

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

7. Schwellung des Kniegelenkes ?

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

8. Muskelschwäche des/ der Beine(s) ?

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

A4. WOMAC**Teil A**

Wie schwer sind Ihre Schmerzen?

	keine	leichte	mittelschwer	schwer	sehr schwer
1. Gehen auf flacher Ebene	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Treppensteigen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Während der Nachtruhe	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Sitzend oder liegend	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Aufrecht stehend	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Teil B

1. Wie schwer ist die Gelenksteifheit nach dem morgendlichen Aufstehen?

keine **leicht** **mittelschwer** **schwer** **sehr schwer**

2. Wie schwer ist die Gelenksteifheit nach dem Sitzen, Liegen oder Ruhen während des Tages?

keine **leicht** **mittelschwer** **schwer** **sehr schwer**

Teil C

Wie schwierig ist für Sie ?

	einfach	eingeschränkt	mittel	schwer	sehr schwer
1. Treppen hinabsteigen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Treppen hinaufsteigen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Aufstehen aus dem Sitzen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Stehen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Zum Boden bücken	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. Gehen auf flachen Boden	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. In/Aus dem Auto steigen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. Einkaufen gehen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. Strümpfe anziehen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10. Aufstehen aus dem Bett	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11. Strümpfe ausziehen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12. Im Bett liegen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13. In/Aus der Badewanne Steigen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14. Sitzen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15. Auf die Toilette Setzen/ wieder Aufstehen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16. Schwere Hausarbeit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17. Leichte Hausarbeit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

6. Hatten Sie in den vergangenen 4 Wochen ein gesperrtes Knie oder ist Ihr Knie aus- und wieder eingeschnappt?

- Ja Nein

7. Was ist die höchste Aktivitätsstufe, die Sie ohne erhebliche durch Knieschwäche verursachte Gangunsicherheit einhalten können?

- Sehr anstrengende Aktivitäten wie Springen oder Drehbewegungen bei einseitiger Fußbelastung (Basketball oder Fußball)
 Anstrengende Aktivitäten wie schwere körperliche Arbeit, Skilaufen oder Tennis
 Mäßig anstrengende Aktivitäten wie mäßige körperliche Arbeit, Laufen oder Joggen
 Leichte Aktivitäten wie Gehen, Haus- oder Gartenarbeit
 Ich kann aufgrund der Knieschwäche keine der genannten Aktivitäten ausführen.

8. Was ist die höchste Aktivitätsstufe, an der Sie regelmäßig teilnehmen können?

- Sehr anstrengende Aktivitäten wie Springen oder Drehbewegungen bei einseitiger Fußbelastung (Basketball oder Fußball)
 Anstrengende Aktivitäten wie schwere körperliche Arbeit, Skilaufen oder Tennis
 Mäßig anstrengende Aktivitäten wie mäßige körperliche Arbeit, Laufen oder Joggen
 Leichte Aktivitäten wie Gehen, Haus- oder Gartenarbeit
 Ich kann aufgrund meines Knies keine der oben genannten Aktivitäten ausführen.

9. Wie schwierig sind aufgrund Ihres Knies die folgenden Aktivitäten für Sie?

	überhaupt nicht schwierig	minimal schwierig	ziemlich schwierig	extrem schwierig	unmöglich
a. Treppensteigen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b. Treppe hinuntergehen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c. Auf dem vorderen Knie knien	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d. Hockstellung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e. Normal sitzen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
f. Vom Stuhl aufstehen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
g. Geradeaus laufen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
h. Hochspringen und auf dem betroffenen Bein landen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
i. Beim Gehen bzw. Laufen schnell anhalten und starten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

10. Wie würden Sie die Funktionsfähigkeit Ihres Knies auf einer Skala von 0 bis 10 beurteilen, wobei 10 eine normale und ausgezeichnete Funktionsfähigkeit bezeichnet und 0 die Unfähigkeit, irgendeine Ihrer normalen täglichen Aktivitäten, darunter möglicherweise auch Sport, auszuführen?

FUNKTIONSFÄHIGKEIT VOR DER KNIEVERLETZUNG:

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

DERZEITIGE FUNKTIONSFÄHIGKEIT IHRES KNIES:

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

A6. TEGNER ACTIVITY SCORE

<u>Kreuz</u>	<u>Aktivitätsgrad</u>	<u>Tätigkeit</u>
	Leistungssport	Fußball
	Leistungssport	Eishockey, Ringen, Gymnastik, Fußball (untere Klassen)
	Leistungssport	Skifahren, Badminton, Squash, Leichtathletik (Weitsprung)
	Leistungssport	Handball, Tennis, Basketball, Leichtathletik (Laufen), Querfeldeinlauf
	Freizeitsport	Eishockey, Fußball, Squash, Weitsprung, Querfeldeinlauf
	Freizeitsport	Badminton, Tennis, Handball, Basketball, Skifahren, Joggen bis 5 x die Woche
	Leistungssport	Radfahren, Skilanglauf
	Freizeitsport	Joggen auf unebenem Boden mind. 2 x pro Woche
	Arbeit	Schwerarbeit (Bauarbeiter)
	Freizeitsport	Skilanglauf, Radfahren, Joggen auf ebenem Boden mind. 2 x pro Woche
	Arbeit	Zeitweise schwere Arbeit, z. B. LKW-Fahrer
	Leistungssport	Schwimmen
	Freizeitsport	Schwimmen
	Arbeit	Leichte körperliche Arbeiten
	Gehen	Gehen auf unebenem Boden, z. B. im Wald
	Arbeit	Kaum körperliche Arbeit
	Gehen	Gehen im Wald unmöglich
	Arbeit	Überwiegend sitzend
	Gehen	Gehen nur auf ebenem Boden möglich
	Arbeit	Arbeitsunfähigkeit aufgrund der Kniegelenksverletzung
	Gehen	Normales Gehen nicht möglich

10. Danksagungen

In erster Linie danke ich Herrn Prof. Dr. med. Stefan Hinterwimmer für die Überlassung des Dissertationsthemas und das mir entgegengebrachte Vertrauen. Die Zusammenarbeit war nicht nur produktiv sondern auch sehr lehrreich und hat mir immer viel Spaß gemacht.

Zudem möchte ich Herrn Univ.-Prof. Dr. med. Andreas B. Imhoff sehr herzlich danken, dass ich die Möglichkeit hatte, meine Dissertationsstudie in der Abteilung und Poliklinik für Sportorthopädie durchführen zu dürfen.

Ein weiterer großer Dank gilt Herrn Dr. med. Jochen Paul für die fruchtbare Zusammenarbeit und Betreuung der Studie von der ersten Stunde an.

Außerdem möchte ich allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Abteilung und Poliklinik für Sportorthopädie danken, die zum Gelingen der Studie beigetragen haben.

Ein weiterer Dank geht an alle Patientinnen und Patienten, die an der Studie teilgenommen haben, und ohne die die Durchführung nicht möglich gewesen wäre.

Von ganzem Herzen möchte ich mich bei meiner Freundin Christina bedanken, die mich nicht nur mit wertvollen Tipps vor allem bei der Gestaltung der Doktorarbeit unterstützt hat, sondern mir auch stets moralisch zur Seite stand.

Ganz besonders möchte ich mich auch bei meiner gesamten Familie bedanken, ohne deren Mithilfe diese Arbeit wohl niemals zustande gekommen wäre. Vor allem danke ich meinen Eltern, dass sie mir meine Ausbildung ermöglicht haben, mir auf diesem Weg immer freie Hand gelassen und mir stets den Rücken freigehalten haben.