

Klinik für Orthopädie und Sportorthopädie
der Technischen Universität München Klinikum rechts der Isar
(Direktor: Univ.- Prof. Dr. R. Gradinger)

**Therapie von retropatellären Gelenkdefekten
mit autologer Knorpel-Knochen-Transplantation:
Eine klinische und kernspintomographische Studie**

Ulf Wilhelm Bökeler

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. D. Neumeier

Prüfer der Dissertation:

1. Priv.-Doz. Dr. V. Martinek
2. Univ.- Prof. Dr. R. Gradinger

Die Dissertation wurde am 27.03.2006 bei der Technischen Universität München eingereicht
und durch die Fakultät für Medizin am 17.05.2006 angenommen.

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung und Ziel der Arbeit	4
2.	Grundlagen der Anatomie, Biomechanik und Histologie	6
2.1	Anatomie	6
2.1.1	Die Patella.....	6
2.2	Biomechanik der Patella und des patellofemorales Gelenks	8
2.3	Die patelläre Gelenkfläche – Histologie und Besonderheiten	9
2.3.1	Histologischer Aufbau	9
2.3.2	Besonderheiten der patellären Gelenkfläche.....	11
2.3.3	Reaktion des hyalinen Knorpels auf Schädigungen.....	12
3.	Das patellofemorale Schmerzsyndrom	14
3.1	Klassifikation und Pathomechanismen	14
3.1.1	Trauma und akute Patellaluxation.....	15
3.1.2	Patellofemorale Dysplasien.....	16
3.1.3	Das laterale Hyperkompressionssyndrom.....	16
3.1.4	Chronische Patellasubluxation (Lateralisation).....	17
3.1.5	Chronisch rezidivierende Patellaluxation.....	18
3.1.6	Habituelle Luxationen.....	19
3.1.7	Chondromalacia patellae und Klassifikation nach Outerbridge.....	19
3.1.8	Osteochondrosis dissecans an der Patella.....	20
3.2	Klinik des patellofemorales Schmerzsyndroms	21
3.3	Diagnostik des patellofemorales Schmerzsyndroms	22
3.3.1	Klinische Diagnostik:.....	22
3.3.2	Bildgebende Diagnostik.....	24
3.3.3	Arthroskopie	26
3.4	Therapie	27
3.4.1	Konservative Therapie.....	27
3.4.2	Chirurgische Therapie.....	28
4.	Knorpel-Knochen-Transplantation an der Patella, Patella-OATS	33

4.1	Geschichtliche Abfolge	33
4.2	Indikationen und Kontraindikationen für eine Knochen-Knorpeltransplantation	33
4.3	Operationstechnik	34
4.4	Mögliche perioperative Probleme bzw. Pitfalls	39
4.5	Nachbehandlung	40
5.	Material und Methoden	41
5.1	Patientengut	41
	5.1.1 Patientendaten.....	41
5.2	Methodik der Nachuntersuchung	44
	5.2.1 Befragung.....	45
	5.2.2 Klinische Nachuntersuchung.....	45
	5.2.3 Erfassen des Lysholm-Scores.....	49
	5.2.4 Erfassen des Tegner-Scores.....	50
	5.2.5 Erfassen der Visual-Analog-Skala (VAS).....	50
	5.2.6 Kernspintomographische Untersuchung.....	50
5.3	Statistische Auswertung	53
6.	Ergebnisse	54
6.1	Lysholm Score	54
6.2	Aktivitätsscore nach Tegner	56
6.3	Visual-Analog-Schmerz-Skala (VAS)	57
6.4	Klinischer Frage- und Untersuchungsbogen nach Dr. Martinek	58
	6.4.1 Zufriedenheit mit der Operation	59
	6.4.2 Alltagskriterien - Knien und Auf-dem-Bauch Liegen.....	60
	6.4.3 Klinische Untersuchung	60
6.5	Auswertung MRT	71
	6.5.1 Kongruenz des Transplantats zur umgebenden patellären Gelenkfläch..	72
	6.5.2 Knorpel der Transplantate	72
	6.5.3 Subchondraler Knochen der Transplantate.....	73
	6.5.4 Gelenkknorpel in der Umgebung der Transplantate.....	74
	6.5.5 Subchondrale Knochen in der Umgebung der Transplantate.....	74
	6.5.6 Gelenkerguss	75
	6.5.7 Femorales Gleitlager	76

6.5.8	Gesamtscore MRT nach Dr. Wörtler.....	76
6.6	Zusammenhänge der klinischen Scores mit den radiologischen Ergebnissen.....	77
6.7	Zusammenhang zwischen der Anzahl der Zylinder und den Scoreergebnissen.....	78
6.8	Zusammenhang zwischen den Score-Ergebnissen und zusätzlich zur OATS durchgeführten Techniken.....	80
6.9	Abhängigkeit der Score- Ergebnisse vom Follow-Up-Zeitpunkt.....	82
6.10	Abhängigkeit der Score-Ergebnisse vom Alter der Patienten.....	84
6.11	Abhängigkeit der Score-Ergebnisse von der Lokalisation des retropatellären Knorpelschadens.....	85
7.	Diskussion.....	88
8.	Zusammenfassung.....	101
9.	Referenzen.....	103
10.	Anhang.....	119

1. Einleitung und Ziel der Arbeit

Retropatelläre Knorpelschäden und daraus resultierende Schmerzen, Schwellungen und Bewegungseinschränkungen im Kniegelenk sind häufig und treten nicht selten bereits bei jüngeren Patienten auf. Sie können zu einer frühzeitigen Retropatellararthrose führen und sind eine Ursache für das patellofemorale Schmerzsyndrom.

In den letzten Jahren wurden sehr große klinische und wissenschaftliche Anstrengungen unternommen, retropatellären Knorpeldefekten eine therapeutische Lösung gegenüberzustellen.

Die Idee, Knorpel-Knochen-Zylinder aus gering belasteten Knorpelzonen des Kniegelenks zu entnehmen und in Knorpeldefekte der Belastungszone zu transplantieren, wurde erstmals bereits 1964 von Wagner beschrieben (Wagner, 1964). In den 90iger Jahren des letzten Jahrhunderts wurde diese Technik von Hangody, Bobic und Imhoff wieder aufgegriffen und weiterentwickelt (Hangody et al., 1996; Bobic, 1996; Imhoff et al., 1999).

Aufgrund einer unzureichenden Datenlage wird jedoch die Technik der autologen osteochondralen Transplantation (OATS) für retropatelläre Knorpeldefekte bisher zurückhaltend beurteilt.

In der Abteilung für Sportorthopädie der Technischen Universität München wurden zwischen April 1997 und März 2002 an 29 Patienten autologe osteochondrale Transplantationen an retropatellären Knorpeldefekten durchgeführt.

Ziel der hier vorliegenden Arbeit war es, die Daten der detaillierten klinischen Nachuntersuchung des bisher größten nachuntersuchten Patientenkollektives auszuwerten, um anhand dieser Ergebnisse den Stellenwert der OATS an der Patella zu überprüfen.

Grundlage dieser Studie sind Antworten auf die Fragen nach

- der Zufriedenheit des Patienten mit dem Ergebnis
- der Funktionalität und dem klinischen und radiologischen Befund (MRT) des Kniegelenks
- der Verbesserung im Aktivitätslevel
- der Reduktion der Schmerzen
- der limitierenden Rolle des Alters in der Indikationsstellung
- der Abhängigkeit des Ergebnisses von der Anzahl der transplantierten Knorpel-Knochen-Zylinder und damit von der Größe des Defektes
- den Unterschieden in den Ergebnissen aufgrund unterschiedlicher Nachkontrollzeitpunkte
- der Lokalisation des retropatellären Defektes als beeinflussenden Faktor für das postoperative Resultat
- dem Einfluss durchgeführter Maßnahmen zum patellären Alignment
- dem Zusammenhang zwischen den kernspintomographischen Befunden und den erzielten klinischen Ergebnissen.

Abschließend wurden alternative Therapieoptionen anhand veröffentlichter Daten beurteilt und Vergleiche zur Patella-OATS gezogen.

2. Grundlagen der Anatomie, Biomechanik und Histologie

2.1. Anatomie

2.1.1 Die Patella

Die Patella ist das größte und komplexeste Sesambein im menschlichen Körper. Sie ist ein dreieckiger, beim erwachsenen Mann etwa 4,5 cm langer und ebenso breiter Knochen (Lang und Wachsmuth, 1972) und wirkt als Hypomochlion, welches der Kraftübertragung des M. quadrizeps dient (Abb. 2.1). Die Sehnen der vier Anteile dieses Muskels konvergieren auf dem dorsalen Anteil der Kniescheibe und überkreuzen sich teilweise. Sie verlassen die Patella an ihrer unteren Spitze, Apex patellae, bevor sie als Lig. Patellae an der Tuberositas tibia ansetzen.

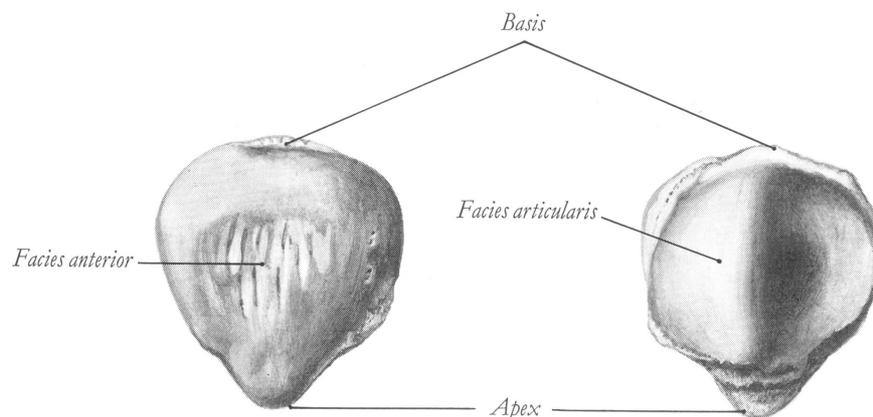


Abb. 2.1: Rechte Patella von ventral und dorsal

(Aus: Waldeyer und Mayet, Anatomie des Menschen, 14. Aufl.; Walter de Gruyter, Berlin, New York, 1980)

Die Facies anterior ist rau und enthält die Foramina nutricia für die Blutversorgung, die aus dem Rete articulare genu bereitgestellt wird (Benninghof und Drenckhahn, 2002). Die überknorpelte, glatte Rückfläche der Kniescheibe, Facies posterior oder Facies articularis, ist queroval. Sie wird von einem Längsfirst asymmetrisch in einen größeren lateralen, leicht konkaven und einem kleineren medialen, leicht konvexen Gelenkabschnitt unterteilt. Die beiden Facetten bilden im First den Firstwinkel oder Patellaöffnungswinkel von 120°-140°. Am

äußersten Rand der medialen Facette weist die Patella in der Regel (in ca. 80%) eine nach vorne abgewinkelte Nebenfacette auf, die ODD-Facette.

Die Form der Kniescheibe unterscheidet sich von Individuum zu Individuum. Die häufigsten Variationen sind nach Lang und Wachsmuth (1972):

- beide Gelenkflächen sind gleich groß,
- die mediale Gelenkfläche ist außerordentlich klein, mediale Dysplasie oder Hypoplasie,
- die Firste unterteilen die mediale Gelenkfläche in ein proximale, mittlere, distale und mediale sowie die laterale Gelenkfläche in eine proximale, mittlere und distale.

Wiberg beschrieb 6 verschiedene morphologische Variationen, von welchen die Varianten 3-6 mit großer Wahrscheinlichkeit zu einer lateralen Subluxation prädisponieren (Wiberg, 1941).

Den Halteapparat der Patella bilden die am medialen und lateralen Patellarand zur Tibia ziehenden Abspaltungen der Quadrizepssehne (Retinacula longitudinalia), transversale Züge aus dem Tractus iliotibialis (laterales transversales Retinakulum), dem Epikondylus medialis und angrenzende Strukturen (mediales transversales Retinakulum), die in den Seitenrand der Patella und ihrer Sehne einstrahlen.

Die Kniescheibe ist von Schleimbeuteln umgeben. Oberhalb der Patella liegt der Recessus suprapatellaris, der als Schleimbeutel zwischen Sehne und Femur wirkt. Vor der Kniescheibe liegt die Bursa praepatellaris. Die Bursa infrapatellaris liegt im Verlauf des Lig. patellae vor dem Schienbeinkopf.

Die Patella ist zunächst knorpelig angelegt und verknöchert von einem zentralen Ossifikationszentrum aus im 4.-5. Lebensjahr.

2.1.2 Das patellofemorale Gelenk

Die Patella legt im Verlauf der Beugung und Streckung einen Weg von 6-7cm zurück. Dabei gleitet sie bis zum Beginn der Fossa intercondylaris femoris auf der Facies patellaris femoris. Diese vereinigt durch ihren Knorpelüberzug die beiden Condyli femoris auf der Ventralseite miteinander und setzt sich durch eine gerundete Kante gegen die kondylären Tragflächen des Femurs ab (Lang und Wachsmuth, 1972). Die Facies patellaris femoris zeichnet die Form der Kniescheibengelenkfläche in abgemilderter Form nach. Der laterale Abhang ist

breiter, steiler und weiter vorspringend als der mediale und stellt einen Widerstand dar gegen die Tendenz der Patella, sich nach lateral zu verschieben. Diese Lateralisationstendenz ergibt sich physiologisch aus der Biomechanik und Anatomie der Streckmuskulatur am Oberschenkel. Grelsamer und Klein zeigten, dass aufgrund der größeren Fläche die Knochenführung an der lateralen Seite der Kniescheibe besser gesichert ist als an der medialen (Grelsamer und Klein, 1998).

Die artikulierende Fläche der Patella ist viel kleiner ($10,7 \pm 1,6 \text{ cm}^2$) als die korrespondierende Fläche der Facies patellaris femoris ($29,5 \pm 1,5 \text{ cm}^2$). Während der Bewegung im patellofemorale Gelenk stehen immer nur Teile der Patella mit der Trochlea femoris in Kontakt.

In voller Extension und 0° Beugung besteht kein Kontakt zwischen Patella und Trochlea (Goodfellow et al., 1976). Die Patella steht hier im Kontakt mit der suprapatellaren Bursa. Im Verlauf der Beugung steigen die Condyli femoris wie aus einer Pfanne auf, die Patella wird aber im gleichen Abstand zur Tibia gehalten. Bei gebeugtem Knie ruht die Kniescheibe auf den Abhängen der Femurcondylen vor der Area intercondylaris. Die Kontaktflächen der Patella mit dem Femur wandern während der Beugung vom distalen zum proximalen Pol; bei 30° , 60° , 90° Beugungstellung artikulieren jeweils das distale, mittlere und proximale Drittel der Gelenkfläche. Bei 90° Beugung steht der superiore Anteil der Kniescheibe in vollem Kontakt mit der Trochlea. Mit weiter verstärkter Beugung wandert die Kontaktfläche wieder zurück in die Mitte der Patella. Bei 120° Beugung schiebt sich die Patella zwischen die divergierenden Femurcondylen. Je weiter gebeugt wird, desto mehr sinkt die Kniescheibe in die Fossa intercondylaris ein. Bei voller Beugung, ab 140° , artikuliert die Patella schließlich medial mit ihrem Randsegment, der ODD-Facette, mit dem medialen Femurcondylus (Kwak et al., 1977). Die zentralen Gelenkflächen liegen dabei frei.

2.2 Biomechanik der Patella und des patellofemorale Gelenks

Die Patella vergrößert die Hebelwirkung des M. quadrizeps (Kaufer, 1971). Dieser Hebeleffekt hat seine größte Wirkung bei einer Beugung im Kniegelenk von 20° (Grood et al., 1984). Abhängig vom Grad der Streckung oder Beugung verstärkt die Patella, vergleichbar der Wirkung eines Hebelarms, die Kraft des M. quadrizeps. Zudem wirkt sie wie eine Umlenkrolle, indem sie die Richtung der Kraft ändert. Hätte der Mensch keine Kniescheibe, so müsste der M. quadrizeps viel mehr Kraft aufbringen. Dies würde zu größeren Drücken auf das tibiofe-

morale Gelenk führen und dadurch Degenerationen in diesem Gelenk den Weg bereiten (Denham und Bishop, 1978).

Im Bezug auf die Biomechanik an der Patella spielt der M. vastus medialis eine bedeutende Rolle. Der Ansatzbereich des M. vastus medialis erstreckt sich über die Hälfte der Kniescheibe bis hin zum superiormedialen Rand aus. Bei Patienten mit Malalignment ist der Ansatzbereich an der Patella viel kleiner, teilweise erreicht er in diesen Fällen kaum die Kniescheibe. Dies ist von großer klinischer Bedeutung, da der M. vastus medialis die einzige dynamische Kraft darstellt, welche die Patella nach medial zieht. Dadurch wirkt er der Veranlassung der Kniescheibe, sich nach lateral zu verschieben, entgegen.

2.3 Die patelläre Gelenkfläche – Histologie und Besonderheiten

2.3.1 Histologischer Aufbau

Hyaliner Knorpel setzt sich aus drei Komponenten zusammen:

die erste Komponente, die so genannte zelluläre Komponente, ist der Chondrozyt. Er macht weniger als 1 % des Gewebevolumens aus und ist in die zweite Komponente, die extrazelluläre Matrix, eingebettet. Der Chondrozyt ist von massenhaft vielen Proteoglykanen umgeben. Kollagenfibrillen sind in seiner direkten Umgebung hingegen weniger anzutreffen. Diese Schicht aus Proteoglykanen und Chondrozyten wird von einem dünnem Kollagenfasernetzwerk umgeben (Abb. 2.2). Die extrazelluläre Matrix, die aus Kollagenen, Proteoglykanen und nichtkollagenen Proteinen besteht, reguliert die dritte, mit 60-80% Volumenanteil größte Komponente, das Wasser. Dies ist wesentlich für die speziellen biomechanischen Eigenschaften des hyalinen Knorpels (Buckwalter und Mankin, 1998).

Das Kollagen, das etwa 65% des Trockengewichts ausmacht, setzt sich aus Typ II, IX und XI zusammen, wobei den Hauptanteil mit 95% Typ II einnimmt (Buckwalter und Rosenberg, 1982). Typ II-Kollagenfasern besitzen einen enormen Belastungswiderstand. Typ XI-Kollagenfasern bilden den Kern der Kollagenfibrillen, Typ IX-Kollagen ist über spezielle kovalente Bindungen an Typ II-Kollagen gebunden und stellt eine intermediäre Stelle zwischen Kollagenfasern und Proteoglykan dar. Das Proteoglykanmolekül hat einen zentralen Kern, an den viele negativ geladene sulfatierte Glykosaminoglykanseitenketten wie Chondroitinsulfat und Keratansulfat gebunden sind.

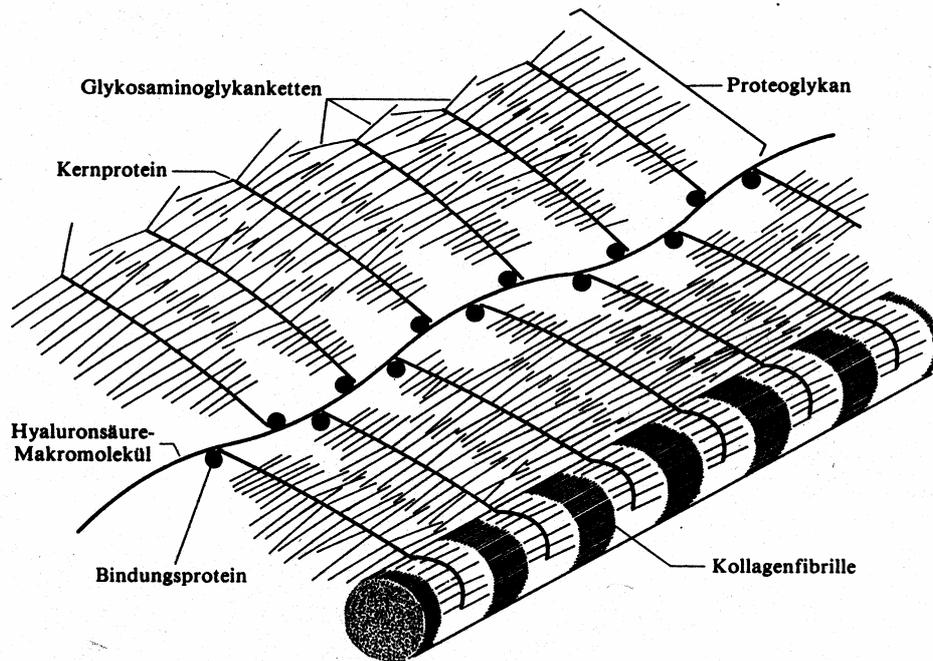


Abb. 2.2: Schematische Darstellung der Proteoglykane im Knorpel (Aus: Cytologie, Histologie und mikroskopische Anatomie des Menschen, Bucher/ Wartenberg, S. 127; Verlag Hans Huber, 12. Aufl., 1997)

Viele solcher Moleküle bilden ein Proteoglykanaggregat. Dieses ist an eine Hyaluronsäurekette gebunden. Stabilisiert wird dieser Komplex durch verschiedene Bindungsproteine. Aufgrund der negativen Ladung der Glykosaminoglykanseitenketten wird Wasser angezogen. Die Proteoglykane dehnen sich dadurch aus und leisten so Kompressionswiderstand. Ein zu starkes Ausdehnen der Proteoglykane, das zuviel Platz benötigen würde und die Belastbarkeit des Knorpels herabsetzen würde, wird durch die Kollagenfibrillen im hyalinen Knorpel verhindert (Buckwalter et al., 1980). Diese pressen sozusagen die Proteoglykane zusammen. Beispielsweise lässt sich eine vermehrte Wasseraufnahme im Knorpelgewebe bei der Chondromalazie beobachten und ist theoretisch auf eine Schädigung der Kollagenfibrillen zurückzuführen (Burkart und Imhoff, 2001).

Das Knorpelgewebe wird in 4 Zonen eingeteilt:

1. Die oberflächliche Zone (Tangentialfaserschicht):
Sie ist die dünnste Zone des Knorpels und macht 10-20% seiner Dicke aus. Sie bildet die Gleitschicht des Knorpels. Die dünnen Kollagenfasern sind parallel zur Gelenkoberfläche angeordnet. Darunter liegen elongierte und inaktive Chondrozyten.

2. Die mittlere Zone:

Sie ist dicker und macht 40-60 % der Dicke des Knorpels aus. Die Kollagenfasern sind nicht orientiert und größer, die Chondrozyten rundlicher als in der oberflächlichen Schicht.

3. Die tiefe Schicht:

Sie entspricht nicht ganz der Dicke der mittleren Zone (30-40%). Die Chondrozyten sind hier säulenförmig positioniert und rund. Die Kollagenfasern parallel, jedoch senkrecht zur Oberfläche, angeordnet.

4. Die Kalzifizierungszone:

Die Kollagenfasern inserieren in den verkalkten Knorpel. Dadurch ergibt sich eine mechanische Verankerung zwischen Knorpel und Knochen.

Der Knorpel ist weder innerviert noch vaskularisiert, ernährt wird er über den subchondralen Knochen und die Synovialflüssigkeit.

2.3.2 Besonderheiten der patellären Gelenkfläche

Die Patella hat eine große Gelenkoberfläche, die mit hyalinem Knorpel überzogen ist. Dieser Gelenkknorpel weist im Gegensatz zu anderen Gelenkknorpeln einige Eigenheiten auf:

1. Er ist der dickste im menschlichen Körper, bis zu 7 mm dick (Aglietti et al., 1983).
2. Er zeigt verschiedene, für jeden einzelnen Menschen charakteristische Formen.
3. Der patelläre Knorpel gleicht in seiner Ausbildung nicht den Konturen des unter ihm liegenden subchondralen Knochens, was die Nützlichkeit eines Röntgen-Bildes im Bezug auf den patellären Gelenkknorpel stark einschränkt (Ahmed et al., 1987).
4. Die Gelenkfläche ist in der transversalen Ebene kongruent, jedoch in der sagittalen Ebene inkongruent, dies ergibt Vorteile beim Gleiten.
5. Die Materialeigenschaften des Gelenkknorpels variieren über die gesamte Oberfläche und sind auch bezüglich denen des Gelenkknorpels und der Trochlea femoris verschieden (Ahmed et al., 1987).

Experimente am patellofemorale Gelenkknorpel zeigen, dass der Knorpel an der Knie- scheibe einen geringeren Modulus, eine höhere Permeabilität und eine größere Dicke als der

am distalen Femur aufweist (Mow et al., 1992). Diese relativ geringe Steifigkeit und hohe Permeabilität des Knorpels an der Patella verbessert die Stabilität des patellofemorales Gelenks, wenn sich die Kniescheibe in die Tiefe der Trochlea schiebt. Dieser tiefe Sitz der Kniescheibe in der Trochlea femoris vergrößert die Kontaktfläche und verringert dadurch den Kontaktdruck, der auf das patellofemorale Gelenk wirkt. Erreicht wird diese erhöhte Permeabilität und Flexibilität des patellären Knorpels durch eine erhöhte Druckbelastung auf die Kollagen-Proteoglykan-Matrix. Diese erhöhte Belastung auf die extrazelluläre Matrix erhöht die Gefahr einer Verletzung der Kollagen-Proteoglykan-Matrix und einer darauf folgenden Degeneration des patellären Knorpels (Mow et al., 1992). Dies kann eine Erklärung dafür sein, dass die Kniescheibe eine höhere Prävalenz von Knorpelschäden und Läsionen aufweist als die Trochlea femoris.

2.3.3 Reaktion des hyalinen Knorpels auf Schädigungen

Die Heilung des Knorpels ist mit der Heilung anderer Gewebe nicht vergleichbar. Dies liegt an seiner Avaskularität, seiner fehlenden Basalmembran (Convery et al., 1972) und an seinem speziellen Aufbau, in welchem die Chondrozyten in einem Netz aus Kollagenfasern und Proteoglykanen eingefangen sind und daher nicht zum Ort der Schädigung wandern können. Daher zeigt die Knorpelheilung nicht die typischen Zeichen einer Gewebsheilung. Die Entzündungsreaktion und das Remodelling sind hier nicht zu finden.

Der Heilungsprozess des Knorpels ist zudem abhängig von der Tiefe des Defekts. Oberflächliche Läsionen, die den subchondralen Knochen nicht miteinbeziehen zeigen am Rand eine Nekrosezone mit Geisterzellen in Chondrozytenlakunen. Hier kommt es zu einer kurzen Matrixsynthese und mitotischen Aktivität durch die angrenzenden Chondrozyten. Diese allerdings rasch abnehmende Zellproliferation führt zur Anhäufung von Chondrozyten, so genannten Clustern. Ähnliche Prozesse mit Clusterbildung beobachtet man auch bei der Arthrose (Buckwalter und Mankin, 1998). Oberflächliche Läsionen zeigen somit keinerlei Heilungstendenz. Man geht derzeit allerdings davon aus, dass sie nicht zur Arthrose fortschreiten.

Erreicht die Läsion den vaskularisierten, subchondralen Knochen wird der Defekt primär durch ein Fibrinpfropf gefüllt. Parallel wandern Zellen aus dem Blut und dem Knochenmark in das Läsionsareal ein (Shapiro et al., 1993) zeigen, dass in den tieferen Zellschichten des

Reparationsgewebes Knochen zur Wiederherstellung der subchondralen Zone gebildet wird. Der Knorpeldefekt selber macht nach der Fibrindeckung eine Metaplasie zu hyalinartigem Knorpelgewebe durch. Dieser hyalinartige Knorpel entspricht aber in Struktur, Aufbau und Belastbarkeit nicht dem gesunden Gelenkknorpel. Der Anteil an Typ I-Kollagen ist mit 25% sehr groß (Buckwalter und Mankin, 1998). Dieses Typ I-Kollagen kommt in gesundem hyalinem Knorpel nicht vor. Der Proteoglykananteil ist dagegen sehr gering und die tangentielle oberflächliche Knorpelfaserschicht kann nicht aufgebaut werden (Mitchell und Shephard, 1976). Zudem findet keine Verbindung zwischen den Kollagenfasern des Reparationsgewebes mit den Kollagenfasern des gesunden Knorpels statt (Shapiro et al., 1993). Diese fehlende Verbindung begünstigt das Auftreten von Scherkräften zwischen dem gesunden und dem Reparationsgewebe. Folge solcher dann entstehender Mikrobewegungen sind arthrotische Veränderungen am Gelenk. Nach 6-12 Monaten hat sich dann das Reparationsgewebe in Faserknorpel umgewandelt. An diesem werden schließlich nach längerer Zeit häufig azelluläre Bereiche und oberflächliche Auffasserungen vorgefunden, die nachfolgend zur Arthrose führen (Buckwalter und Mankin, 1998).

Neben der Defektgröße und -tiefe spielen bei der Reparatur des Knorpels auch das Körpergewicht, Alter, sowie gleichzeitige Meniskusläsionen, Bandinstabilitäten und Beinachsenfehlstellungen eine wichtige Rolle (Burkart und Imhoff, 2001).

3. Das patellofemorale Schmerzsyndrom

Das patellofemorale Schmerzsyndrom zählt zu den häufigsten Krankheitsbildern, die einem Orthopäden und Sportmediziner vorgestellt werden (Insall, 1982). Doch es gibt es noch viele Unklarheiten bezüglich dieses Syndroms, welches Dye daher einmal als so genanntes Schwarzes Loch der Orthopädie bezeichnete (Dye, 1997). Ursache dieser Verunsicherung ist, dass die unterschiedlichsten patellofemorale Pathologien zu annähernd identischen Symptomen führen können. Dies führte in der Vergangenheit dazu, dass unpräzise Diagnosen gestellt wurden und Begriffe wie anterior knee pain und Chondromalazia patellae als Synonyme verwendet wurden.

3.1 Klassifikation und Pathomechanismen

Klassifikationen von patellofemorale Dysfunktionen in der Orthopädie waren im vergangenen Jahrhundert noch recht unpräzise. Der Begriff Chondromalazie wurde erstmals 1928 von Aleman in die medizinische Literatur eingeführt (Aleman, 1928). Er beschrieb damit Läsionen an der Patella, die er bei seinen Operationen vorfand und führte sie auf ein stattgefundenes Trauma zurück. Später wurde der Begriff Chondromalazia als Diagnose benutzt und wurde für jegliche Art von anteriorem Knieschmerz verwendet ohne jedoch den Begriff exakt zu definieren.

In den vergangenen 3-4 Jahrzehnten haben eine Vielzahl von Autoren dazu beigetragen, dass das Verständnis der patellofemorale Pathologien deutlich besser geworden ist. Unterschiedlichste Klassifikationen wurden vorgeschlagen (Ficat et al., 1979; Fulkerson et al., 1992; Grelsamer, 1997; Insall, 1979).

Der folgende Text bezieht sich auf die Klassifikation der patellofemorale Pathologien von Alan C. Merchant (1988). Diese Klassifikation basiert auf der Etiologie der patellofemorale Pathologien und wurde auf Bitte des Editoriums des Journal of Arthroscopy veröffentlicht, um die Unklarheiten in der Verwendung der Begriffe Chondromalazia patellae und anterior knee pain zu beseitigen.

Die Klassifikation unterteilt die Ursachen patellofemoraler Pathologien in fünf Hauptgruppen:

1. Trauma
2. Patellofemorale Dysplasien
3. Idiopathische Chondromalazie
4. Osteochondrosis dissecans
5. Synoviale plicae

Diese Pathologien können alle zu patellofemoralem Schmerzen führen. Anhand dieser Klassifikation sollen nun die Ursachen von chondralen und osteochondralen Schäden an der Patella vorgestellt werden.

3.1.1 Trauma und akute Patellaluxation

Prinzipiell kann jede Art von patellärem Trauma Ursache von Knorpelschäden an der Kniescheibe sein. Eine häufige Ursache von traumatischen Gelenkflächenschäden ist akute Luxation der Patella. Die Luxation der Patella ist definiert als die komplette Verlagerung der Patella aus der Trochlea femoris. Die häufigste Ursache der akuten Patellaluxation ist ein Trauma. Am vorher gesunden Kniegelenk ist sie selten und weist häufig auf bestehende patellofemorale Dysplasien (Fulkerson, 1997) hin. In der Regel luxiert die Patella nach lateral, typischerweise ausgelöst durch einen vorausgehenden Torsionsstress während der Streckbewegung. Das Knie der Patienten schwillt akut an und schmerzt stark. Die Beweglichkeit ist stark eingeschränkt.

Vermeehrt druckschmerzhaft ist die Region über dem medialen Retinakulum und am Tuberculum adductus, wo die medialen Kniescheibenbänder ihren Ursprung haben. Die Mobilitätsuntersuchung der Kniescheibe zeigt ein ausgeprägtes Apprehensionszeichen. Bei einer Luxation kann das vordere Kreuzband, das Innenband und der Meniskus mitgeschädigt werden. Das Kniegelenk hat jedoch einige Strukturen, die eine derartige Luxation verhindern sollen. Dazu zählen die medialen Kniescheibenbänder (patellofemorale Bänder und patellomeniscalcle Bänder), die stützende Wirkung der Trochlea femoris und die muskuläre Aktivität des M. vastus medialis (Wilk et al., 1998).

3.1.2 Patellofemorale Dysplasien

Die Struktur von präexistierenden Abnormalitäten, wie ein zu flacher Sulcus intercondylaris, ein mangelhafter M. vastus medialis oder eine Patella alta, suggeriert, dass die Ursache dafür im genetischen oder entwicklungsgeschichtlichen Bereich liegt (Merchant, 1988). Die Ausprägungen der Dysplasien variieren von mild bis stark ausgeprägt. Um eine optimale, individuelle Therapie jedem Patienten zukommen lassen zu können, ist es wichtig, auch nach feinen Abnormalitäten zu suchen und jeden Faktor der patellofemorale Pathologien, der zu einer patellären Instabilität führen kann, zu bedenken.

Für die patelläre Stabilität entscheidende Strukturen sind der laterale Femurkondylus und der M. vastus medialis. Eine mangelhafte Ausprägung der Tiefe der Trochlea femoris und des lateralen Kondylus führt ebenso zu einem Anstieg der lateral auf die Patella wirkenden Kräfte wie ein zu gering ausgebildeter Vastus medialis. Das Ausmaß dieses Drucks auf die Patella ist eng verbunden mit der Höhe des Q-Winkels. Dieser erhöht sich ebenfalls durch eine verstärkte Einwärtsdrehung der distalen Femurepiphyse, einer verstärkten Auswärtsdrehung der Tibia, einem Genu valgum und durch eine sehr straffe Anbindung des lateralen Retinakulums. Eine erhöhte Druckwirkung von lateral auf die Patella prädisponiert zu patellären Subluxationen und Dislokationen.

Eine zu hoch stehende Patella (Patella alta) verstärkt ebenso die patelläre Instabilität, da sie im Vergleich zur „normalen Patella“ während jeder Beugstellung mit einem flacheren, höheren Anteil des Sulcus artikuliert. Ähnliches gilt bei angeborenen Bindegewebschwächen und bei einem Genu valgum.

3.1.3 Das laterale Hyperkompressionssyndrom

Diese mildeste Form der patellofemorale Dysplasien wurde erstmals 1975 von Ficat und Hungerford beschrieben. Zugrunde liegt dem lateralen Hyperkompressionssyndrom eine Lateralisation der Patella durch verstärkt nach lateral wirkende Zugkräfte und/oder verminderte Zugkräfte nach medial. Der erhöhte laterale Kompressionsdruck auf die Patella entsteht durch eine Rotationsfehlstellung des Streckapparats am Oberschenkel, die durch eine verstärkte Innentorsionsstellung des Femurs und kompensatorisch verstärkte Außentorsi-

onsstellung der Tibia hervorgerufen wird. Häufig weisen diese Patienten ein übermäßig straffes und verkürztes laterales Retinakulum auf. Das mediale dagegen ist verdünnt (Fulkerson und Schutzer, 1986).

Per Definition sollte das Laterale Hyperkompressionssyndrom folgende Elemente enthalten:

- anteriorer Knie-Schmerz, verstärkt bei Beugebewegungen
- vergrößerter Q-Winkel
- Die axiale Röntgenaufnahme, bei 30°-Flexion des Kniegelenks aufgenommen, zeigt keine Anzeichen für eine patelläre Subluxation.

Als Folge des ständig erhöhten Einwirkdruckes auf die Patella entstehen subchondrale Sclerosierungen und Knorpelerosionen am Patellofemoralgelenk.

Am häufigsten diagnostiziert wird dieses Syndrom bei älteren Frauen mit einer langen Vorgeschichte von anteriorem Knieschmerz. Die Zahl der betroffenen, jungen Patienten hat allerdings in den letzten Jahren sehr stark zugenommen (Fulkerson und Schutzer, 1986).

Einige Autoren (Wilk et al., 1998) sprechen auch vom globalen Hyperkompressionssyndrom der Patella, wenn zum lateralen Retinakulum auch das mediale Retinakulum übermäßig straff ist. Wichtigster differentialdiagnostischer Hinweis zum lateralen Hyperkompressionssyndrom ist die Einschränkung der Mobilität der Patella nicht nur nach lateral sondern auch nach medial. Entstehen kann dieses Phänomen sekundär nach lokalen Traumen und/oder nach langer Immobilisation, was eine Fibrosierung des Retinakulums bedingen kann.

3.1.4 Chronische Patellasubluxation (Lateralisation)

Unter Subluxation der Patella versteht man im Allgemeinen das vorübergehende unvollständige Luxieren der Kniescheibe nach lateral während der frühen Flexionsbewegung (Hughston, 1968).

Das Ausmaß der Bewegung der Kniescheibe nach lateral unterscheidet sich hierbei, von Patient zu Patient, sehr stark. Viele Menschen, bei denen dieses Phänomen auftritt sind asymptomatisch.

Ursachen der Subluxationen können sein:

- rückständig entwickelte Trochlea femoris
- Fehlstellung der unteren Extremität
- übermäßige Anteversion der Hüfte
- Torsion der Tibia
- übermäßige Pronation des Fußes
- Ungleichgewicht des Weichteilgewebes und der Muskulatur zwischen dem M. vastus medialis und lateralis (Merchant, 1988).

Die Diagnose stellt sich anhand der axialen Röntgenaufnahmen bei 30° Flexion. Definitionsgemäß spricht man von einer Subluxation bei einem Kongruenzwinkel von $>4^\circ$ (normal: -8°). Die Prävalenz in der Bevölkerung, die eine chronische Dislokation aufweist, ist sehr groß und die Mehrzahl ist symptomlos.

Symptomatische Patienten sind klinisch kaum von Patienten mit einem lateralen Hyperkompressionssymptom zu unterscheiden. Die Patienten haben neben anterioren Knieschmerzen insbesondere bei der Kniebeugung, mitunter eine Giving-way-Symptomatik (Fulkerson, 1983) und ein Instabilitätsgefühl im Kniegelenk (Mariani und Caruso, 1979).

Der Q-Winkel ist wie beim lateralen Hyperkompressionssyndrom in aller Regel erhöht.

3.1.5 Chronisch rezidivierende Patellaluxation

Diese schwerwiegende Folge patellofemoraler Dysplasien zeigt sich häufiger bei Frauen. Das Verhältnis zwischen weiblichen und männlichen Patienten variiert zwischen 3 Frauen, die 2 Männern gegenüberstehen, bis zu 5 Frauen gegenüber 1 Mann (Horwitz, 1937). Die erste Luxation passiert häufig völlig unerwartet nach einer Drehbewegung, wenn Außenrotationskräfte und Valgus-Stress auf das Knie einwirken.

Die Häufigkeit der weiteren Luxationen der Kniescheibe beim einzelnen Patienten ist völlig unterschiedlich (Fulkerson und Hungerford, 1990). So gibt es Patienten, bei denen selbst wenig belastende Bewegungen, wie Gehen, Treppensteigen oder Ein- und Aussteigen aus dem Auto immer wieder Luxationen bewirken. Speziell diese Patientengruppe mit häufig auftretenden Luxationen trägt ein hohes Risiko einen Knorpelschaden am patellofemorale Gelenk zu erleiden.

Die Ursachen sind ähnlich denen des lateralen Hyperkompressionssyndroms und der chronischen Subluxation (Lateralisation) der Patella. Die Übergänge von der einen Entität zur nächsten sind daher fließend.

3.1.6 Habituelle Luxationen

Bei der seltenen Form der habituellen Luxation luxiert die Patella während der Beugebewegung konsequent nach lateral und springt dann wieder zurück (Merchant AC, 1988). Häufig ist diese Form der patellären Instabilität angeboren. Die Patienten leiden unter einer Außenrotationsfehlstellung des gesamten M. quadrizeps. Neben der angeborenen Form gibt es vereinzelt sekundär erworbene Formen, z.B. bei einer Fibrose des M. vastus lateralis, durch multiple intramuskuläre Injektionen im Säuglingsalter oder bei Folgeschäden einer traumatischen Patellaluxation.

3.1.7 Chondromalacia patellae und Klassifikation nach Outerbridge

In der Vergangenheit ist der Begriff der Chondromalacia patellae einer der missverständlichsten Begriffe in der Orthopädie gewesen. Ursprünglich beschrieb Aleman, als er 1928 diesen Begriff in die Literatur einführte, damit Läsionen der Gelenkfläche der Patella. Diese fand er während seiner Operationen am Kniegelenk vor. Im Laufe der Zeit verwendete man den Begriff der Chondromalazie patellae immer mehr als eigenständige Diagnose ohne Hinweis auf die Ätiologie des krankhaft veränderten Knorpelüberzugs an der Kniescheibe und gebrauchte ihn synonym zu dem vagen Begriff des „anterior knee pain“. Viele Arbeiten haben versucht, diese Konfusion in der Terminologie zu beseitigen, und heutzutage differenziert man mit Hinblick auf die Ursache die idiopathische von der sekundären Chondromalazie patellae.

1961 zeigte Outerbridge in seiner Arbeit „The Etiology of the Chondromalacia patellae“, dass makroskopischen Veränderungen an der Patella in der Bevölkerung sehr häufig sind und meistens als Zufallsbefund ohne klinische Zeichen erkannt werden (Outerbridge, 1961). Er überprüfte die Patella bei 196 durchgeführten Meniskusresektionen auf ihr makroskopisches

Erscheinungsbild und fand etwa bei der Hälfte der Patienten (n=101) einen abnormalen Gelenkknorpel.

Anhand dieser Beobachtungen der unterschiedlichen, pathologischen Veränderungen des Gelenkknorpels der Kniescheibe entwickelte er eine Klassifikation, die bis heute im klinischen Alltag eingesetzt wird.

Klassifikation der Chondromalazie patellae nach Outerbridge:

- Grad 0: Normaler Gelenkknorpel
- Grad 1: Leichte Knorpelerweichung und - Verdickung
- Grad 2: Frühe Risse, die den subchondralen nicht erreichen und kleiner als 1,77cm sind.
- Grad 3: Die Risse reichen bis zum subchondralen Knochen, der nicht freigelegt ist und haben einen Durchmesser über 1,77cm.
- Grad 4: Der subchondrale Knochen wird sichtbar.

3.1.8 Osteochondrosis dissecans an der Patella

Die Osteochondrosis dissecans an der Patella gehört zu den avaskulären bzw. aseptischen Knochennekrosen und ist eine absolute Rarität am Patellofemoralgelenk (Bruns, 1997). Viel häufiger ist der mediale Femurkondylus oder der Talus betroffen.

Die Ätiologie dieser Krankheit wird noch immer kontrovers diskutiert. Dabei werden biomechanisch-mikrotraumatische, vaskuläre, endogene, genetische und mikrobiologische Aspekte diskutiert. Insbesondere für den Einfluss von biomechanischen Faktoren auf die Pathogenese gibt es deutliche Hinweise, da Patienten mit Läsionen an der Patella häufig biomechanische Störungen im Sinne eines Malalignments oder eine zuvor aufgetretene Patellaluxation aufweisen. Die Erkrankung verläuft in vier Stadien. Initial tritt eine umschriebene subchondrale Nekrose auf, Stadium I nach Bruns (Bruns et al., 1996). Diese ist meist nur im MRT sichtbar. Sekundär grenzt sich diese Nekrose gegenüber dem umgebenden Knorpel mit einer Randsklerose ab, Stadium II. Im Stadium III ist der Knorpelbelag zirkulär ausgedünnt und gegebenenfalls unterbrochen. Eine partielle Lockerung des Dissektats kann bereits vorliegen. Im Stadium IV löst sich das Dissektat aus seinem Bett und bildet einen freien Gelenkkörper.

Klinisch zeigen die Patienten nahezu alle Zeichen eines patellofemorales Schmerzsyndroms. Neben der Einteilung der Osteochondrosis dissecans nach Bruns gibt es eine Vielzahl von klinischen, röntgenologischen, MR-tomographischen, arthroskopischen sowie gelenkspezifischen Einteilungen (Guhl, 1982, Imhoff et al., 1992, Nelson et al., 1990).

Eine weitläufig eingesetzte Klassifikation ist diejenige der International Cartilage Repair Society (ICRS).

Klassifikation der Osteochondrosis dissecans (OCD) nach ICRS

- OCD1: Kontinuität erhalten: erweichte Region von gesunden Knorpel überzogen
- OCD2: partielle Diskontinuität
- OCD3: komplette Diskontinuität, „dead in situ“
- OCD4: disloziertes Fragment; das Dissektat kann das Bett verlassen haben

3.2 Klinik des patellofemorales Schmerzsyndroms

Betroffen sind bereits durchschnittlich jüngere Patienten und dabei stehen anteriore Knie-schmerzen im pre- und peripatellären Bereich, Giving-way-Symptomaten und Blockierungen im Vordergrund. Häufig werden diese Symptome begleitet von einer muskulären Atrophie der Oberschenkelmuskulatur und von Gelenkergüssen (Ficat et al., 1979). Die Schmerzen treten vor allem nach längeren Belastungen, wie Treppenlaufen, Hinknien und langem Sitzen auf, wobei die Belastungen Druck auf das patellofemorale Gelenk ausüben (Ficat et al., 1979). Die Schmerzintensität wird völlig unterschiedlich geschildert. Viele Patienten, deren Beschwerden nicht durch ein akutes Trauma ausgelöst wurden oder sich deren nicht bewusst sind, berichten von Schmerzen mit variablem Charakter, die oft schon seit Monaten oder Jahren bestehen. Sie schränken die Patienten in ihren sportlichen Aktivitäten und der Lebensqualität deutlich ein.

3.3 Diagnostik des patellofemorales Schmerzsyndroms

3.3.1 Klinische Diagnostik:

Um eine präzise klinische Diagnose zu erstellen, ist neben der ausführlichen Anamnese und der klinischen Untersuchung auch die Berücksichtigung des Alters von Bedeutung.

Anamnese

Eine aufmerksame Anamnese des Patienten ist die Grundlage einer jeden klinischen Untersuchung, besonders bei Patienten mit patellofemorales Schmerzen (Post, 1999).

Die erste Frage ist nach dem Beginn der Schmerzen. Lag ein auslösendes Trauma vor oder kamen die Schmerzen spontan auf? Sind die Schmerzen Folgen einer zurückliegenden Operation? Dabei sprechen spontan aufgetretene Schmerzen eher für ein Malalignment der Patella oder eine Überbelastung des die Patella umgebenden Retinakulums.

Wann verstärken sich die Schmerzen und bei welchen Bewegungen? Hilfreich ist es, die Patienten zu bitten mit dem Finger auf die Lokalisation des Schmerzes zu zeigen, da damit präziser das Hauptschmerzgebiet angegeben werden kann. Als nächstes wird der Schmerzcharakter erfragt. Ist er diffus oder stechend und örtlich gut abgrenzbar? Ist sein Auftreten konstant oder intermittierend? Ist es ein tiefer hinter der Patella sitzender Schmerz oder ist er eher oberflächlich lokalisiert? Trat ein Erguss auf? Liegt eine begleitende Instabilität vor? Hatte der Patient in der Vergangenheit eine oder mehrere Luxationen der Kniescheibe? Gab es das Gefühl von Blockierungen im Kniegelenk oder das Gefühl eines freien Gelenkkörpers?

Abschließend wird durch eine kurze generelle orthopädische und medizinische Anamnese nach „kniefernen“ Ursachen der patellofemorales Schmerzen gefragt. So können insbesondere auch Probleme im Hüftgelenk die oben beschriebene Symptomatik auslösen.

Körperliche Untersuchung

Ausführlich hat sich Post mit der körperlichen Untersuchung von Patienten mit patellofemorales Beschwerden auseinander gesetzt. Seine letzte Übersichtsarbeit spiegelt die Ergebnisse der International Patellofemoral Study Group wieder (Post, 1999). In der Arbeit wird empfohlen mit einer gründlichen Inspektion und Analyse des Gangbildes zu beginnen. Damit lassen sich funktionelle Abnormalitäten leichter erkennen (Tiberio, 1987).

Nach der Inspektion wird die gesamte anteriore Knieregion einschließlich des distalen M. quadrizeps und des iliotibial Bandes palpirt und auf Schmerzpunkte und Stellen von Hypersensibilität geachtet (Fulkerson, 1982 und 1983).

Danach werden die ligamentären Strukturen und die Menisken des Kniegelenks untersucht. Dabei wird das Knie in Flexions- und Streckstellung dynamisch examiniert. Folgend wird die Patella in alle Richtungen bewegt, um festzustellen, ob die Bewegung in der einen oder anderen Richtung Unbehagen beim Patienten auslöst (Patella-Verschiebeschmerz).

Alle Patienten mit patellofemorale Beschwerden sollten auf eine patelläre Subluxationstendenz untersucht werden. Dabei wird in gestreckter Kniestellung die Kniescheibe vorsichtig nach medial und lateral bewegt. Dann wird der Patient zu einer Kontraktion des Quadrizeps angehalten. Verursacht die Schmerzen oder Unbehagen so liegt eine Luxationstendenz vor (Apprehension-Test) (Abb. 3.1).

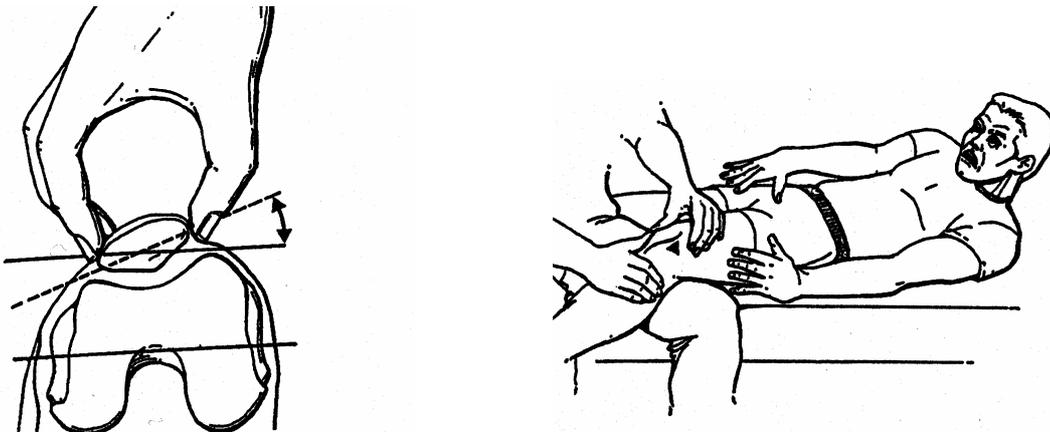


Abb. 3.1: Links: Patellaverschiebeschmerz, Rechts: Apprehension-Test (Aus Walsh WM: Patellofemoral joint. In DeLee JC, Drez Jr D (eds): Prthopaedic Sports Medicine: Principles and Practice. Philadelphia, WB Saunders, pp 1163-1238, 1994)

Ebenso muss das Tracking der Patella in Bewegung beobachtet werden. Es wird darauf geachtet, dass die Kniescheibe sich während der Flexionsbewegung direkt ins Zentrum der Trochlea bewegt.

Während der Flexionsbewegungen werden die Handflächen auf die Kniescheibe gehalten, um die retropatellären Krepitationen zu erkennen. Wichtig ist darauf zu achten ob die Krepitationen schmerzhaft sind und in welcher Stellung sie auftreten (Fulkerson, 1994). Krepitationen, die nah der vollen Extension auftreten, sprechen dabei für eine eher distal gelegene artikuläre Läsion, wohingegen Krepitationen in Flexion für eine proximale Läsion sprechen. Zudem soll auf eine pathologische Plica und eine Insuffizienz des medialen patellofemorales Haltebandes geachtet werden.

Schließlich gilt es noch die Hüftregion zu untersuchen. So kann beispielsweise eine Schwäche der Außenrotatoren des Hüftgelenks Probleme im patellofemorales Gelenk auslösen.

3.3.2 Bildgebende Diagnostik

Zur Standarddiagnostik des Kniegelenkes gehören Aufnahmen in 3 Ebenen, eine Forderung die bereits Knutsson im Jahre 1941 aufstellte.

Das Femoro-Patellargelenk betreffend ist die Aussagekraft des Röntgenbildes in der Aufnahme im anterior-posterioren Strahlengang sehr gering. Bei normaler Position der Kniescheibe wird sie in dieser Ebene nur als schwacher Schatten auf die Femurkondylen projiziert.

Bei seitlicher Aufnahme kann die Stellung der Patella bezogen auf die Gelenklinie beurteilt werden. Ein Verhältnis der Patellalänge zur Länge der Patellasehne von $>1,2$ spricht für eine Patella infra, von $<0,8$ für eine Patella alta. Dejour et al. (1990) haben auf die Wichtigkeit der lateralen Aufnahme für Patienten mit patellofemorales Schmerzen hingewiesen. Eine Rotationsfehlstellung der Kniescheibe, so zeigten Malghem und Maldague (1996), kann mit der lateralen Darstellung identifiziert werden, ebenfalls eine dysplastische Trochlea.

Die wichtigste Projektion für das Femoro-Patellargelenk ist die axiale Aufnahme (Abb. 3.2). Macnab (1952) spricht auch von „skyline view“. In 30° oder 45° Flexion ist sie optimal geeignet das alignment der Patella zu evaluieren (Merchant et al., 1974). Wichtig ist es, während der Aufnahme auf eine nicht zu starke Flexion zu achten.

3.3.3 Arthroskopie

Die visuelle arthroskopische Untersuchung ist ein invasives Verfahren, das sehr hilfreich ist, die Art der chirurgischen Intervention festzulegen. Große Vorteile bietet sie im Vergleich zu alternativen nichtinvasiven, diagnostischen Maßnahmen in der Beurteilung des patellären Trackings und der Instabilität. Zusätzlich kann der Chirurg mittels Sondierung und Testung das genaue Ausmaß einer artikulären Läsion feststellen und weitere Pathologien gegebenenfalls sofort behandeln (Fithian und Meier, 1999).

Verschiedene Systeme werden benutzt, um Gelenkkörperläsionen an der Patella anhand des arthroskopischen Erscheinungsbildes zu klassifizieren. Neben der Outerbridge-Klassifikation (siehe Kapitel 3.1.7) spielt die Klassifikation nach Bauer und Jackson und die der International Cartilage Repair Society (ICRS) im klinischen Alltag eine große Rolle.

Klassifikation nach Jackson und Bauer

Dieses Klassifikationssystem teilt die Knorpelläsionen in Bezug auf die Knorpelrissmuster ein (Bauer und Jackson, 1998):

- Typ 1: linearer Riss
- Typ 2: sternförmiger Riss
- Typ 3: Lappen
- Typ 4: Ulkus
- Typ 5: Auffaserung
- Typ 6: Zerfallend

Klassifikation nach ICRS

Die Klassifikation nach ICRS, 1997 von der in Fribourg, Schweiz, ins Leben gerufenen International Cartilage Repair Society (ICRS) entwickelt, beurteilt die Knorpelverletzungen im Bezug auf ihre Größe, Tiefe, Lokalisation und Zustand der korrespondierenden Gelenkoberfläche.

- Grad 0: normal
- Grad 1: nahezu normal; oberflächliche Läsionen, milde Impressionen und oberflächliche Fissuren des Knorpels

- Grad 2: abnormal; kartiläre Läsionen, die weniger als 50% der Dicke des Knorpels betragen
- Grad 3: schwergradig abnormal; kartiläre Läsionen, die mehr als 50% der Dicke des Knorpels betragen; sie können sich bis zum subchondralen Knochen erstrecken.
- Grad 4: schwergradig abnormal; Läsion erstreckt sich in den subchondralen Knochen.

3.4 Therapie

3.4.1 Konservative Therapie

Konservative Therapiemaßnahmen werden insbesondere bei Patienten mit patellofemorale Schmerzen angewandt, bei denen keine oder nur minimalgradige intraartikuläre und patelläre Pathologien vorzufinden sind.

Vor Beginn einer konservativen Therapie sollte nach statischen Ursachen der Beschwerden (Knick-Senkfuß, Instabilitäten, Ist-Blockierung, Beinlängendifferenz) gesucht werden.

Die konservative Therapie besteht aus drei Pfeilern:

1. Dehnung der Streck - und Beugemuskulatur am Oberschenkel und Kräftigung des M. quadrizeps. Besonders wichtig ist der die Patella stabilisierende M.vastus medialis. Ein isometrisches und exzentrisches Muskeltraining wird empfohlen (Shelton, 1992).

Ebenfalls wichtig sind eine Dehnung des lateralen Retinakulums der Patella mit Patellamobilisation, sowie eine symptomorientierte physikalische Behandlung.

2. Anwendung von Bandagen bzw. Orthesen und Taping der Patella. Dabei kommt es allerdings neben dem erwünschten Effekt der relativen Ruhigstellung und Stabilisierung der Patella zu einem unerwünschten Abbau der patellastabilisierenden Muskulatur (Galea und Albers, 1994). Daher wird diese Maßnahme in der Literatur kontrovers diskutiert.

3. In der medikamentösen Therapie ist die rein symptomatische Therapie mit nicht steroidalen Antirheumatika am weitesten verbreitet. Des Weiteren werden zur Chondroprotektion

intraartikulär Hyaluronsäure und Wachstumsfaktoren injiziert. Von der intraartikulären Injektion von Cortison ist man in letzter Zeit weitgehend abgekommen (Burkart und Imhoff, 2001).

3.4.2 Chirurgische Therapie

3.4.2.1 Lateral Release, Proximales Realignment und Anteromedialisierung der Tuberositas Tibia

Laterale Retinakulumspaltung (Lateral Release)

In den 80iger Jahren war die laterale Retinakulumspaltung eine weit verbreitete operative Therapie bei Patienten mit chronischen patellofemorale Schmerzen (Cox, 1982; Kolowich et al., 1990). Seither wurde allerdings die Indikationsstellung deutlich eingeschränkt und beinhaltet Patienten mit lateralen Druckschmerzen an der Patella und einem lateralen Hyperkompressionssyndrom (Ford und Post, 1997).

Technisch wird bei diesem arthroskopischen Verfahren mittels eines Elektrokauters das laterale Retinakulum etwa 5mm lateral der Patella in gerader Linie von proximal nach distal und von der superioren zur inferioren Patellakante gespalten. Anschließend sollte die Patella um 60-90° kippen, andernfalls ist eine weitere Spaltung erforderlich (Imhoff und Raeder, 2004).

Proximales Realignment

Bei dieser Technik wird ein Lateral Release mit einer medialen Raffung des M.vastus medialis kombiniert. Dabei inzidiert man den Muskelansatz scharf und schiebt den Muskel lateral und distal über die Patella nach vorne.

Die Indikation wird bei ungenügender medialer patellärer Stabilität gestellt, insbesondere bei einer Schwäche des medialen patellofemorale Bandes und schmerzhafter lateraler Subluxation bei normalem Q-Winkel und skelettunreifen Patienten, bei denen ein distales Realignment nicht geeignet wäre (Fulkerson, 2002; Imhoff und Raeder, 2004).

Aufgrund der hohen Inzidenz von medialen Gelenkläsionen nach einer Luxation sollte die Indikation zum proximalen Realignment bei Patienten mit patellofemorale Schmerzen äußerst vorsichtig gestellt werden und nur dann durchgeführt werden, wenn dadurch der Druck auf die mediale Gelenkfläche erhöht wird (Fulkerson, 2002).

Anteromedialisierung der Tuberositas tibiae, Operation nach Fulkerson

Eine laterale Subluxation der Patella führt häufig zu artikulären Läsionen im Bereich der lateralen Facette und zentral an der distalen Patellarrückfläche (Ficat P et al., 1975; Fulkerson, 1994).

Durch einen medialen Transfer der Tuberositas tibiae kann eine Wiederherstellung des normalen Alignment und eine Druckentlastung der artikulären Läsionen erreicht werden (Cox, 1982; Kelly und Griffin, 1997; Post und Fulkerson, 1992). Bei dem Verfahren nach Elmslie - Trillat diesem Verfahren wird eine schräge Osteotomie durchgeführt, um die Tuberositas tibiae nach anterior und medial zu schieben. Dabei belässt man den distalen Anteil der Tuberositas Tibiae und rotiert nur den proximalen Anteil.

Bei der Anteromedialisierung nach Maquet wird eine proximale gerade flache Osteotomie der Tuberositas tibiae durchgeführt, wobei der distale Anteil intakt bleibt. Die Osteotomie wird dabei soweit geöffnet, dass ein aufgebogenes trikortikales Beckenkammtransplantat in die proximale Öffnung eingeführt werden kann.

Indikationen für die Anteromedialisierung der Tuberositas tibiae sind eine symptomatische laterale Subluxation, rezidivierende Luxationen, ein veränderter Q-Winkel sowie ein vergrößerter Kongruenzwinkel mit oder ohne Knorpelschäden (Imhoff und Raeder, 2004).

3.4.2.2 Debridement, Shaving und Lavage

Das Debridement, das zurzeit hauptsächlich arthroskopisch vorgenommen wird, ist eine Methode, durch die instabile und freie Knorpelstücke und Gelenkkörper mittels einer Faszange entfernt werden können. Knorpelränder und Knorpeloberfläche werden mit einem Shaver geglättet. Zusätzlich werden beim Debridement auch Eingriffe an Meniskusrissen, Osteophytenabtragungen und Teilsynovektomien vorgenommen.

Beim Shaving werden arthroskopisch abgescherte Knorpelteile, die mechanische Probleme bereiten, mittels eines Shavers entfernt (Baumgaernter et al., 1990). Das Problem dieser Methode besteht in mitunter auftretenden Nekrosen und Auffaserungen am angrenzenden gesunden Knorpel.

Abgeschlossen werden diese Verfahren häufig durch eine Lavage, der Methode der Freispülung des Gelenks von Detritus und Entzündungsmediatoren. Sie wird aber auch als alleinige Therapie durchgeführt (Burkart und Imhoff, 2001).

3.4.2.3 Pridie-Bohrung, Abrasion, Drilling und Mikrofrakturierung – Verfahren zur Stimulation von Faserknorpel

Gemeinsam ist diesen vier Methoden, dass sie sich die pluripotente Knochenmarkszelle als Quelle der Regeneration zu Nutzen machen wollen. Bei jeder dieser Methoden penetriert man in den subchondralen Knochen, um dort die Vaskularisationszone zu erreichen. Der dadurch entstehende Fibrinpfropf enthält die gewünschten pluripotenten Stammzellen und differenziert zu fibrocartilaginäre Ersatzgewebe (Hunziker und Rosenberg, 1996).

Pridie-Bohrung

Pridie stellte 1959 diese Methode als Therapie der Osteoarthritis am Kniegelenk vor (Pridie, 1959). Die Bohrung erfolgt dabei durch den subchondralen Knochen bis in den spongiösen Knochen mit gut durchblutetem Knochenmark. Die Bohrlöcher werden in einem Abstand angebracht, der in etwa ihrem Durchmesser entspricht. Sie werden dabei gleichmäßig über die bloßliegende Knochenfläche verteilt. Laut Blauth und Schuchardt ist darauf zu achten, dass die beim Bohren entstehenden Gewebebröckel sowie das Bohrmehl entfernt werden (Blauth und Schuchardt E, 1986). Dieses Verfahren wird in der Regel arthroskopisch durchgeführt. Durch die Bohrungen soll die Bildung von belastbarem Faserknorpel aus dem erzeugten Fibrinpfropf stimuliert werden. Die Pridie-Bohrung wird gewöhnlich in Zusammenhang mit anderen Maßnahmen wie Meniskektomie, Entfernung freier Körper, partieller Synovektomie, Knorpelglättung und Abtragung von Osteophyten im Rahmen des Debridement eines Arthrosegelenks angewendet. Eingesetzt wird diese Technik insbesondere bei der Osteochondrosis dissecans und der Osteoarthrose.

Abrasionsarthroplastik

Bei der so genannten Abrasionsarthroplastik wird der Knorpeldefekt bis zum angrenzenden gesunden Knochen debridiert. Mit einem Bohrer trägt man dabei den subchondralen Knochen oberflächlich ab. Das dadurch entstehende fibröse Ersatzgewebe wandelt sich nach etwa 4-6 Monaten in Faserknorpel um (Johnson, 1986). Wichtig dabei ist die Eröffnung der subchondralen Zone (Vachon et al, 1989).

Drilling

Bei diesem Verfahren versucht man, durch einen Draht die Vaskularisationszone des Defekts mehrmals anzubohren. Dadurch soll die Bildung eines Fibrinpfropfes stimuliert werden. Das Reparationsgewebe besteht aus Faserknorpel, zum Teil auch aus hyalinem Knorpel. Eine vollständige Knorpelheilung konnte allerdings bisher noch nicht nachgewiesen werden (Meachim und Roberts, 1971).

Mikrofrakturierung

Bei dieser Technik werden kleine Picks in den subchondralen Bereich eingeschlagen. Dabei sollen Mikrofrakturierungen der Trabekel erreicht werden ohne den Knochen zu zerstören. Auch Hitzenekrosen werden vermieden. Durch die Mikrofrakturierungen soll wiederum die Bildung eines Fibrinclots erreicht werden, aus dem Faserknorpel entsteht (Steadman et al., 1999).

3.4.2.4 Periostale Transplantate und Perichondrale Transplantate

Mit perichondralen (Bruns und Steinhagen, 1999; Homminga GN et al., 1990) und periostalen (O`Driscoll et al., 1988) Transplantationen wird versucht, den Knorpeldefekt mit biologisch aktivem Gewebe zu behandeln. Es soll dadurch eine hyaline Matrixbildung, wie dies experimentelle und klinische Ergebnisse andeuten, durch die Induktion von Stammzellen erreicht werden.

Der Knorpeldefekt wird dabei mit einem autologen Periostlappen überspannt bzw. es wird perichondrales Gewebe, das dem sternumnahen, ventralen Rippenknorpel entnommen wird, mittels eines Fibrinklebers in den Defekt eingeklebt.

3.4.2.5 Die autologe Chondrozytimplantation (ACT)

Ziel dieses aus Schweden stammenden Verfahrens ist eine Defektheilung mit hyalinem Knorpelgewebe in einem zweistufigen operativen Vorgehen (Brittberg et al., 1994). In der ersten Stufe wird mittels einer arthroskopischen Knorpelbiopsie mit einem scharfen Löffel oder einem arthroskopischen Messer ein 5-10 mm großes Knorpelstück, meist aus der medialen Trochlea femoris sowie der Intercondylarnotch, entnommen. Dieses wird dann auf

speziellen Kulturmedien kultiviert. Die Chondrozyten werden dedifferenziert, von der Matrix befreit und angezüchtet.

In einer zweiten Operation kommt es dann zur offenen Chondrozytenimplantation. Dabei wird zuerst die Defektpräparation vorgenommen. Nach der Defektausmessung erfolgt eine Exzision eines Periostlappchens in entsprechender Größe aus dem Bereich der proximalen Tibia. Anschließend wird das Periostlappchen fixiert. Nach Fixierung und Abdichtung der Ränder erfolgt das Einbringen der autologen Chondrozytensuspension mittels einer dünnen Kanüle. Hauptindikationsgebiete sind circumscribed Läsionen größer als 4 cm² (Erggelet et al., 2000).

4. Knorpel-Knochen-Transplantation an der Patella, Patella-OATS

4.1 Geschichtliche Abfolge

Das Prinzip Knorpel-Knochen-Zylinder aus gering belasteten Gelenkflächen des Knies (proximal lateraler oder medialer Femurkondylus bzw. Trochlea) für die Transplantation in Defekte der Belastungszone zu verwenden, wurde 1964 von Wagner erstmals beschrieben. Er operierte drei Patienten mit autologer Transplantation und zwei Patienten mit homologer Transplantation am Kniegelenk. Doch erst 1993 nahmen Matsusue et al. den Begriff der osteochondralen Transplantation wieder auf. Parallel dazu erprobte Lazlo Hangody in Budapest Anfang der 90er Jahre zunächst an Tieren die osteochondrale Transplantation, ehe 1992 diese Technik durch ihn wieder Anwendung am Menschen fand (Hangody et al., 1996). Zeitgleich zu Hangody griff Bobic dieses Verfahren auf (Bobic, 1996). Folgend wurde die Technik der Operation speziell durch diese beiden und Imhoff et al. verbessert und bei der Entwicklung des sog. Osteochondralen Autologen Transfer Systems (OATS) auch ein arthroskopisches Vorgehen erarbeitet (Imhoff et al., 1999; Imhoff und Öttl, 2000).

Ursprünglich wurde diese Technik für die Behandlung von fokalen Knorpeldefekten im Bereich der Femurkondylen entwickelt. Mittlerweile findet diese Technik auch Anwendung an der Patella und an anderen Gelenken, wie dem Ellenbogen und der Schulter (Imhoff et al., 1999).

4.2 Indikationen und Kontraindikationen für eine Knochen-Knorpeltransplantation

Indikationen für eine Mosaikplastik bzw. OATS an der Patella (Imhoff et al., 1999) sind:

- fokale osteochondrale Defekte mit einem Durchmesser von bis zu 2–3 cm
- lokale Knorpelschäden Grad III und IV nach Outerbridge
- Osteochondrosis dissecans Herde Stadium III und IV (avitales Knorpelfragment, Knorpelmalazie).

Kontraindikation:

- Generalisierte Osteoarthrose des Kniegelenks
- Verletzung der Epiphysenfuge im Wachstumsalter

Relative Kontraindikation:

- erhöhtes Alter

Um einen optimalen Erfolg der autologen osteochondralen Transplantation erreichen zu können, müssen Achsfehlstellungen, patellofemorales Malalignment oder eine bestehende funktionelle Instabilität gleichzeitig oder vor der Therapie angegangen werden.

4.3 Operationstechnik

Die autologe osteochondrale Transplantation beruht auf dem Prinzip, Knorpel-Knochen-Zylinder aus gering belasteten Knorpelzonen des Kniegelenks (proximaler anterolateraler oder anteromedialer Femurkondylus, interkondyläre Notch) für die Transplantation in Gelenkknorpeldefekte der Belastungszonen von Gelenken zu verwenden. Dabei ist der Durchmesser des Spenderzylinders 0,3-1mm größer als der des Empfängertunnels. Dadurch kann der Spenderzylinder in Press-fit-Technik mit festem Halt implantiert werden.

Nach Imhoff et al. (1999) empfiehlt sich folgendes Vorgehen.

Präoperativ wird zuerst die genaue Größe und Lokalisation des Defektes festgelegt. Dies geschieht in der Regel anhand von Aufnahmen einer Kernspintomographie (MRT). Mittels dieser Bilder kann gleichzeitig überprüft werden, welche Region als Spenderregion am besten geeignet ist. Ist eine genaue Bestimmung der Größe und der Lokalisation des Ortes anhand eines MRT-Bildes nicht möglich, so wird der Eingriff mit einer diagnostischen Arthroskopie begonnen. Dabei wird dann das Ausmaß des Defektes mit dem Tasthaken bestimmt und mit speziellen Größenmessern festgelegt, wie viele Zylinder transplantiert werden müssen.

Die Durchmesser der zylindrischen Autografts liegen zwischen 5 und 15 mm. Die Gewinnung von Autografts mit uniformer Größe und Länge wird mit speziellen Rundmeißeln mit Millimeter genauem Längenmaß erreicht.

Die osteochondrale Transplantation an der Patella kann in 4 Schritte eingeteilt werden:

1. Zugang

In Abhängigkeit von der Lokalisation und der Größe des Defektes sowie der Spenderregion wird die Transplantation der Knorpel-Knochen-Zylinder in arthroskopischer Technik oder offen durchgeführt. Transplantationen für die patelläre Gelenkfläche benötigen ein offenes Vorgehen. Dabei wird entweder eine Miniarthrotomie auf Höhe des Gelenkknorpeldefektes oder ein direkter zentraler Zugang mit parapatellärer Arthrotomie für die Entnahme und zur Insertion der Knorpelknochenzylinder gewählt (s. Abb. 4.1).



Abb. 4.1: Mediale Arthrotomie, Wegklappen der Patella, Sondierung des Defektes (Dieses Bild und folgende freundlicherweise zur Verfügung gestellt von Herrn PD Dr. V. Martinek)

2. Vorbereitung der Defektzone

Nachdem der richtige Zugang gewählt ist, erfolgt die Vorbereitung der Defektzone. Hierfür werden Stanzzyylinder mit einer Tiefe von 15–20 mm entnommen (Abb.4.2). Anschließend wird eine Feinanpassung des Empfängerloches durch leichte Impaktion der Spongiosa mittels eines Impaktors vorgenommen. Danach misst der Operateur die Implantationstiefe in Relation zur gesunden periläsionalen Knorpeloberfläche. Der Durchmesser des Empfängermeißels ist 0,3–1 mm kleiner als der Durchmesser des Meißels für den Spenderzylinder. Dadurch wird wie bereits oben erwähnt erreicht, dass der Spenderzylinder in Press-fit-Technik mit festem Halt in den Empfängertunnel implantiert werden kann.

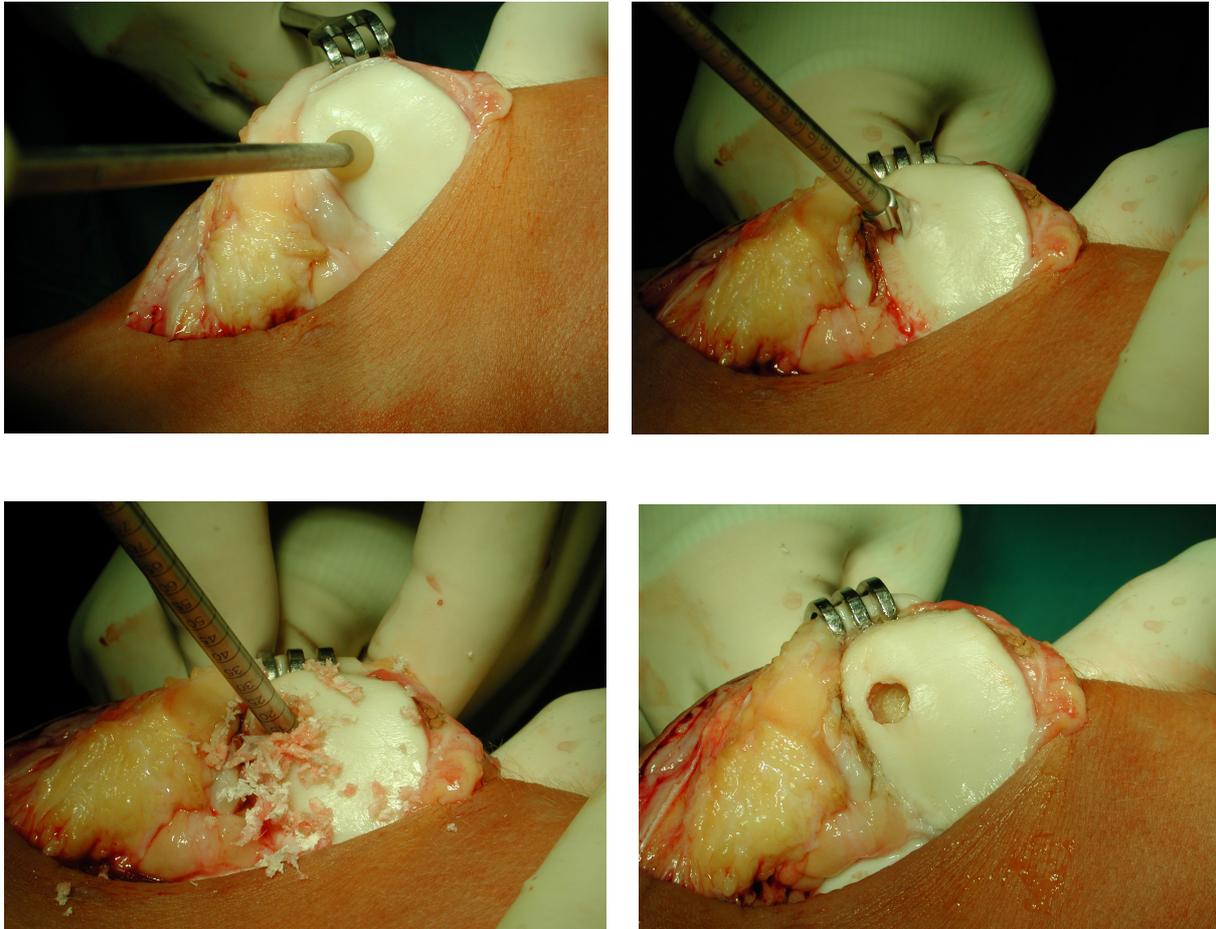


Abb. 4.2: Vorbereitung der Defektzone

3. Gewinnung des Spenderzylinders

Wichtigstes Kriterium für eine osteochondrale „Spenderregion“ ist eine relativ gering belastete Zone. Dies trifft im Kniegelenk insbesondere auf den proximalen antero-lateralen und proximalen medialen Femurkondylus und auf die interkondyläre Notch zu. Letztere wird allerdings sehr selten als Spenderregion benutzt. Die Entnahme des Spenderzylinders (Abb. 4.3) erfolgt exakt orthograd mit einem zum vorher verwendeten „recipient“ Meißel passenden „donor“ Hohlmeißel (jeweils 0,3-1 mm größerer Durchmesser). Wichtig hierbei ist, dass die Oberflächenstruktur und -krümmung der Empfängerregion mitberücksichtigt wird. Im Anschluss erfolgt die Messung der Länge des Spenderzylinders und gegebenenfalls das Zurechtrennen auf die Empfängertunnellänge.

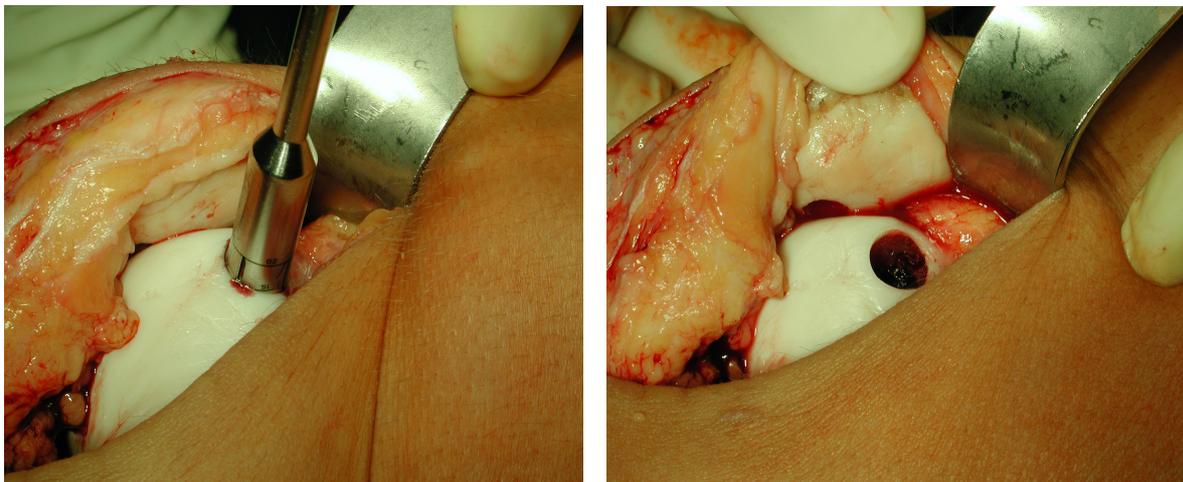


Abb. 4.3: Gewinnung des Spenderzylinders

4. Transplantation

Nach der Gewinnung des Spenderzylinders erfolgt das vorsichtige Eintreiben und exakte Einpassen in Press-fit-Technik in den Empfängertunnel durch eine Spenderführungshülse. Anschließend wird mit Stößeln ein Oberflächenausgleich durchgeführt. Der Operateur achtet darauf, dass das Autograft fest platziert ist und orthotop zur Oberflächenkontur und Höhe der angrenzenden gesunden, stabilen, periläsionalen Knorpelschulter steht (Abb. 4.4).

Werden mehrere Knorpel-Knochen-Zylinder transferiert, wird jeder Transfer einzeln beendet. Dadurch können die weiteren Zylinder direkt angrenzend an die vorhergehenden implantiert werden. Dieses Vorgehen erlaubt eine möglichst vollständige Deckung des Defektes.

Die Entnahmestellen können mit Spongiosa des Defektzylinders aufgefüllt werden. Nach erfolgtem Transfer wird das Kniegelenk gespült, mehrmalig durchbewegt und der feste Sitz der Zylinder abschließend überprüft. Perioperativ wird eine Single-Shot Antibiose empfohlen (Imhoff et al., 1999).

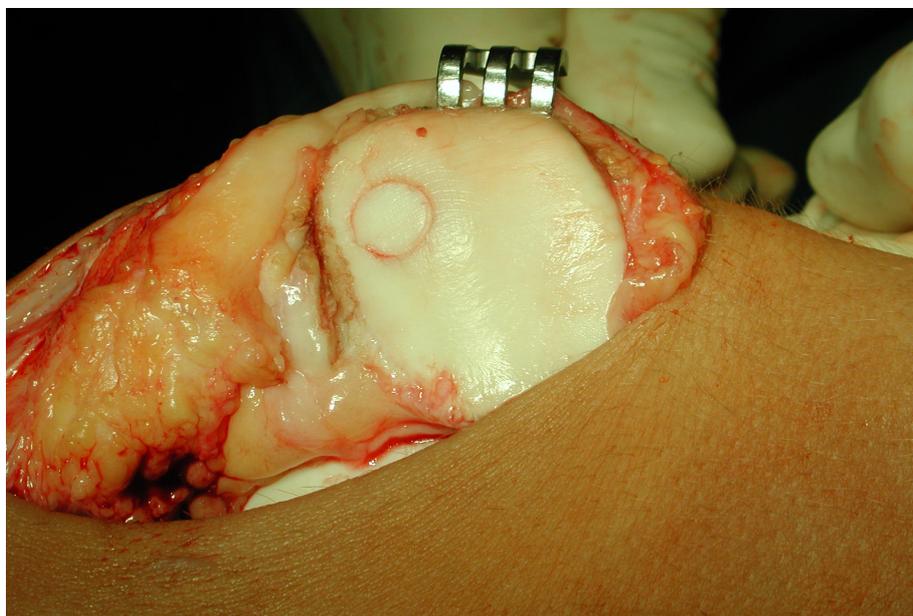


Abb. 4.4: Transplantierter Zylinder

4.4 Mögliche perioperative Probleme bzw. Pitfalls

Imhoff et al (1999) haben eine Aufstellung der häufigsten Probleme und mögliche Lösungsvarianten erarbeitet:

Problem	Lösungsvariante
Der Spenderzylinder ist zu kurz	Auffüllen des Empfängertunnels mit Spongiosa entsprechend der Länge des Spenderzylinders; bereits zu tief implantierte Zylinder mit sog. Korkenzieher herausziehen und mit Spongiosa unterfüttern
Der Spenderzylinder ist zu lang	Dosierter Oberflächenausgleich mit Stößeln, ohne die Oberfläche zu beschädigen. Ansonsten nochmaliges Entfernen des Zylinders mittels Korkenzieher und erneutes Anpassen
Keine orthograde Lage des Zylinders, nicht passende Oberflächenkontur bzw. Rotationsfehler des Spenderzylinders	Nochmalige bestmögliche Ausrichtung mit Korkenzieher oder 2 Kanülen vor dem endgültigem Einpassen
Defekter Knorpel des Spenderzylinders	Bei tiefem Defekt Verwerfen des Zylinders und Transplantation eines neuen
Abgebrochener Spenderzylinder	Bis zu einer Länge von ca. 10mm kann dieser bei entsprechendem Halt nach Spongiosaunterfütterung verwendet werden, ansonsten Verwerfen des Zylinders
Geringer Halt unter den Zylindern bei großem Defekt	Maximale Defektgröße bereits in der Therapieplanung für die OATS berücksichtigen
Mangelhafte Verfügbarkeit von Spenderzylindern	Ausweichen auf die Zwei-Gelenk-Technik, d.h. Entnahme aus dem kontralateralen gesunden Knie

4.5 Nachbehandlung

Postoperativ wird eine initiale Schmerztherapie und Thromboseprophylaxe durchgeführt. Auf der CPM-Maschine (continuous passive motion) wird mit der sofortigen Mobilisation begonnen. Dies führt zu einer Verbesserung der Knorpelernährung. Imhoff et al. (1999) empfehlen bei der OATS an der Patella eine limitierende Flexion bis 60° für 6 Wochen. In dieser Zeit sollte eine Donjoy-Schiene getragen werden. Eine Teilbelastung für 2 Wochen sollte 15kg betragen. Danach erfolgt eine Steigerung der Belastung in Streckstellung. Isometrische Übungen sind erlaubt.

5. Material und Methoden

5.1 Patientengut

In der Abteilung für Sportorthopädie der Technischen Universität München wurden zwischen April 1997 und März 2002 28 Patienten mit osteochondralen Defekten an der Patella einer autologen Knochen-Knorpel-Transplantation unterzogen.

Von Juni 2002 bis März 2003 erfolgte die Nachuntersuchung an 23 Patienten und 24 Knien, da bei einem Patienten eine Knochen-Knorpel-Transplantation an beiden Kniescheiben durchgeführt wurde.

Zwei der 23 Patienten wurden nicht in München untersucht. Bei Ihnen konnten deshalb nicht alle Untersuchungen durchgeführt werden. Da allerdings ein Großteil der gewünschten Daten ermittelt wurde, wurden auch sie in die Studie miteinbezogen. Die restlichen 5 Patienten waren entweder unbekannt verzogen (n=2), erneut an dem betroffenen Knie wegen anderer Pathologien operiert (n=2) oder verweigerten aus persönlichen Gründen (n=1) die Nachuntersuchung. In die Studie konnten somit 23 von 28 Patienten aufgenommen werden.

Bei allen nachuntersuchten Patienten wurden jeweils alle Daten in einem einzigen Nachuntersuchungstermin erhoben. Die Zeitdauer zwischen der Operation und diesem Nachuntersuchungstermin betrug im Durchschnitt 30,7 Monate. Die früheste Nachuntersuchung erfolgte 4 Monate nach der Operation des entsprechenden Patienten, im längsten Fall waren es 64 Monate.

Von den untersuchten Patienten waren 5 weiblich mit einem Durchschnittsalter von 28 Jahren (21-36 Jahre) und 18 männlich und durchschnittlich 38,3 Jahre (23-62 Jahre) alt.

5.1.1 Patientendaten

Das Durchschnittsalter des gesamten Kollektivs betrug 36,1 Jahre (21-62 Jahren).

Die rechte Kniescheibe war 15-mal betroffen, die linke 9-mal (♀: rechts: 4, links: 1; ♂: rechts 11, links: 8). Als dominantes Knie wurde 15-mal das rechte und 9-mal das linke Knie ange-

geben (♀: rechts:3, links:2; ♂: rechts: 12, links: 7). Das betroffene Knie entsprach dem dominanten in 16 Fällen, 8-mal war das betroffene nicht das dominante Knie (♀: 4-mal dominantes = betroffenes Knie, 1-mal verschieden; ♂: 12-mal dominantes = betroffenes Knie, 7-mal verschieden).

Die durchschnittliche Dauer der präoperativen Symptome lag bei einem Minimum von 1 Woche und einem Maximum von 14 Jahren bei 30,9 Monaten. 23-mal (95,8%) klagten die Patienten über retropatelläre Schmerzen und 1-mal (4,2%) über Schmerzen distal der Patella, insbesondere bei Belastungen wie z.B. Treppenlaufen, In-die-Hocke gehen und längerem Sitzen. Alle Patienten fühlten sich dadurch in ihrer körperlichen Aktivität eingeschränkt. 10 (41,7%) der untersuchten Kniegelenke hatten präoperativ eine starke Schwellneigung.

10 Patienten hatten präoperativ eine oder mehrere Patellaluxationen in ihrer Krankenakte vermerkt. Zwei Patienten gaben als Ursache ihrer Beschwerden ein Trauma des Kniegelenks ohne Luxation an. Somit war 14-mal (58,3%) ein Trauma mit oder ohne Luxation für die Beschwerden die Ursache oder Grund der Verschlechterung.

Vor der autologen Knochen-Knorpeltransplantation wurden an 16 (66,7%) der untersuchten Kniegelenke ein oder mehrere operative Therapieversuche vorgenommen, insgesamt 21 (3 Patienten wurden 2-mal voroperiert, 1 Patient 3-mal) Dabei wurde 7-mal ein Lateral Release der Patella, davon einmal kombiniert mit einer medialen Raffung, einmal mit einer Gelenkkörperentfernung, einmal mit einer Pridie-Bohrung und einmal mit einem Knorpelshaving an der Patella vorgenommen. 6 Patienten unterzogen sich einem Knorpelshaving, davon einmal mit einer Teilsynovektomie des Kniegelenks.

Viermal wurde ein Knorpeldissektat entfernt. Jeweils einmal wurde eine Pridie-Bohrung, eine Plicaentfernung, eine Laser Abrasion des Knorpels sowie eine Refixierung eines Knorpelflakes vorgenommen.

Bei allen Voroperierten plus eines weiteren Patienten hatten konservative Therapieansätze wie Krankengymnastik, Massagen, Elektrotherapie, orale Analgetika-Medikation sowie intraartikuläre Injektionen mit Hyarulonsäure oder Kortison keinen bleibenden Erfolg.

Bei der Behandlung mit OATS wurde dann 8-mal die autologe Knorpel-Knochen-Transplantation an der Patella ohne zusätzliche Durchführung einer Korrektur zum patellären Alignment vollzogen. 16-mal wurde gleichzeitig mit der OATS ein weiterer Eingriff zum patellären Alignment vorgenommen. Dabei handelte sich 6-mal um eine Anteromedialisierung der

Tuberositas Tibiae kombiniert mit einem proximalen Realignment, 5-mal um ein proximales Realignment, 4-mal um ein Lateral Release und einmal um eine mediale Raffung (Abb.5.1).

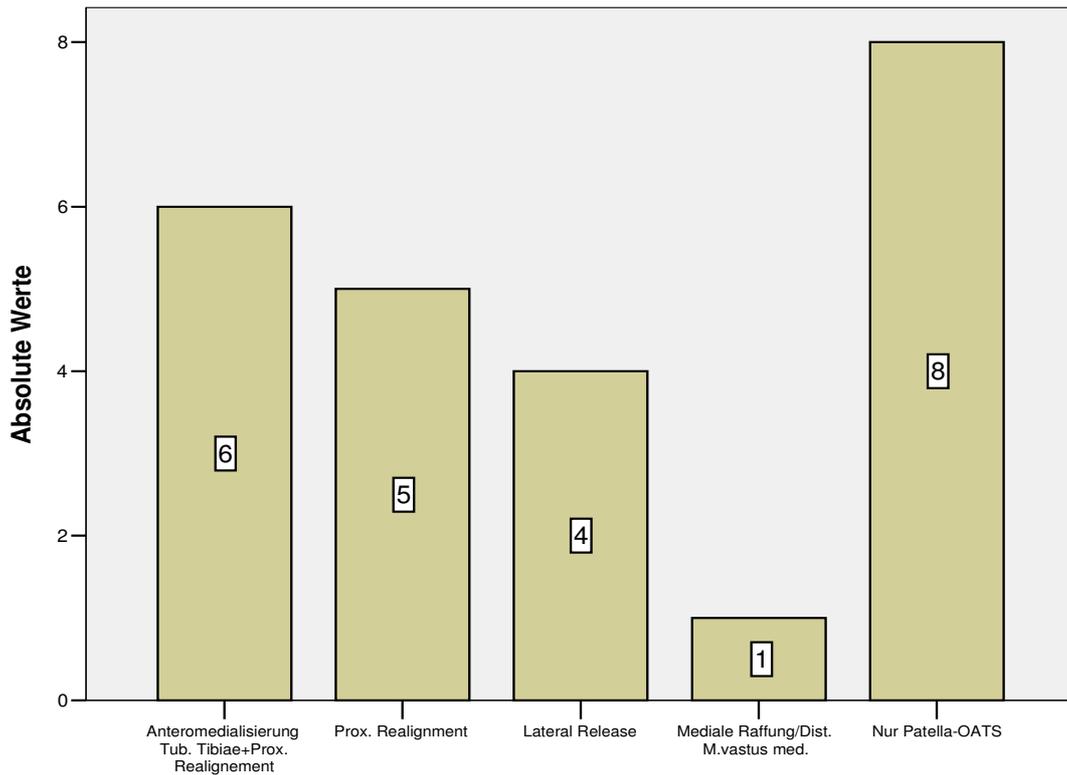


Abb. 5.1: Zusatzeingriffe zum patellären Alignment

In 5 Fällen wurde während der Operation zusätzlich eine autologe Transplantation von Knorpel-Knochen-Zylindern am distalen Femur durchgeführt (Abb. 5.2).

Der Durchmesser der einzelnen Mosaik betrug im Durchschnitt 1,04 cm (0,8cm -1,1cm). An der Patella wurden durchschnittlich 2,2 Zylinder (1-4) transplantiert. Die Größe der behandelten Gelenkflächenläsionen war im Durchschnitt 1,93cm² (0,64cm² -3,35cm²).

Die Donor-Site war 19-mal der laterale Femurkondylus, 6-mal der mediale Femurkondylus.

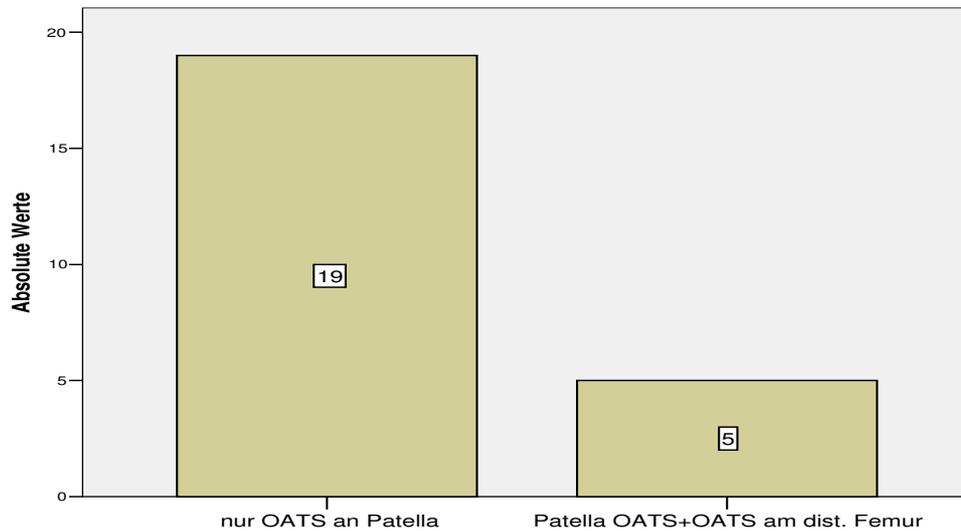


Abb. 5.2: OATS zusätzlich am distalen Femur

5.2 Methodik der Nachuntersuchung

Die Patienten wurden einer einmaligen postoperativen Nachuntersuchung unterzogen, die wie folgt durchgeführt wurde:

- Anamnese und klinische Nachuntersuchung anhand eines von PD Dr. Martinek entwickelten Untersuchungsbogens
- Erfassen des Lysholm-Scores
- Erfassen des Tegner Aktivitätsscores
- Erfassen der Visual-Analog-Schmerz-Skala (VAS)
- Postoperatives MRT (Magnet-Resonanz-Tomographie)

5.2.1 Befragung

Die Anamnese beschränkte sich auf folgende Kriterien:

- Zufriedenheit mit dem erzielten Ergebnis. Die Patienten wurden gefragt, ob sie sich der Operation mit dem Wissen um das nun erreichte Ergebnis nochmals unterziehen würden?
- Erfassen des Lysholm Scores präoperativ sowie postoperativ
- Erfassen des Tegner Aktivitätsscores präoperativ sowie postoperativ
- Erfassen der Visual Analog Skala präoperativ wie postoperativ
- Frage nach dem dominanten Bein
- Knien präoperativ bzw. postoperativ möglich?
- Auf dem Bauch liegen präoperativ bzw. postoperativ möglich?

5.2.2 Klinische Nachuntersuchung

PD Dr. Martinek hat basierend auf seinen Erkenntnissen ein Nachuntersuchungsprogramm entwickelt (Frage- und Untersuchungsbogen siehe Anhang). Anhand dieses Programms wurden alle Patienten in der hier vorliegenden Studie nachuntersucht. Aus den erhobenen Kriterien und Tests wurden folgende für die hier durchgeführte Auswertung herangezogen:

1. Bewegungsausmaß beider Kniegelenke passiv und Messung des Ferse-Gluteal-Abstandes
2. Messung des Finger-Boden-Abstandes
3. Koordinations-Krafttest
Prüfung von Hackengang, Einbeinstand des betroffenen Beins und Hocksitzdurchführung
4. Prüfung auf intraartikulären Erguss und Messung des Kniegelenkumfangs
5. Stabilitätstests des Kniegelenks
 - Seitenbänder
 - Kreuzbandtests
6. Meniskustests
7. Patellaspezifische Tests

8. Prüfung auf Druckschmerz über der Entnahmestelle
9. Messung des Ausmaßes der muskulären Atrophie an Hand von Umfangmessungen an Ober- und Unterschenkel
10. Prüfung der Sensibilität über dem operiertem Knie

zu 1. Bewegungsausmaß passiv und Messung Ferse-Gluteal-Abstand:

Das Bewegungsmaß für Flexion und Extension wurde nach der Neutral-Null-Methode geprüft. Es wurde von der definierten Null-Stellung gemessen = „anatomische Normalstellung“. Zudem wurde der Abstand des Gesäßes zur Ferse bei Beugung des Kniegelenks in Bauchlage und bei fixiertem Hüftgelenk gemessen.

zu 2. Messung des Finger-Boden-Abstands:

Hierbei wurde der Abstand bei Beugung im Hüftgelenk und durchgestreckten Beinen von den Fingern zum Boden gemessen.

zu 3. Koordinations-Krafttest

Die Patienten sollten versuchen folgende Übungen auszuführen:

- Fersengang
- Einbeinstand
- Hockausführung

zu 4. Prüfung auf intraartikulären Erguss / Messung des Kniegelenkumfangs

Es wurde der Rezessus suprapatellaris ausgestrichen, um bei Vorliegen eines intraartikulären Ergusses das Phänomen der „tanzenden Patella“ in ventrodorsaler Richtung zu provozieren.

Nachfolgend wurde der Umfang des Kniegelenks mit einem Maßband auf Höhe der Patellamitte gemessen.

zu 5. Stabilitätstests

1. Seitenbänder

Die Seitenbänder wurden in Streck- sowie in 20° Beugstellung getestet. Es wurde auf eine pathologische Aufklappbarkeit bei Varus-Stress (laterales Seitenband) und Valgus-Stress (mediales Seitenband) geachtet.

2. Vorderes und hinteres Kreuzband

Begonnen wurde mit dem Lachmann-Test. Dabei erfolgt eine manuelle ventrale Translation der Tibia gegenüber dem Femur in Extensionsnähe (5-15%). Der distale Femur wird mit einer Hand umfasst, die andere umfasst die proximale Tibia. Der Femur wird fixiert gehalten und dann die Tibia mehrmals rückartig nach vorne gezogen.

Folgende Kriterien wurden als Anzeichen für eine Läsion angenommen:

- verlängerter Weg
- weicher Anschlag

Danach wurde die sog. vordere Schublade überprüft. Dabei erfolgt eine manuelle Subluxation des Tibiakopfes nach ventral. Der Fuß wird durch das Gesäß des Untersuchers in 90° Flexion des Kniegelenkes fixiert. Dann wird die Tibia rückartig nach ventral manipuliert.

Folgendes Kriterium wurde als Anzeichen für eine Läsion angenommen:

- weicher Anschlag

Nachfolgend wurde das hintere Kreuzband überprüft.

Dazu wurde der Tibiakopf in ansonsten gleicher Untersuchung wie bei der vorderen Schublade nach dorsal manuell subluxiert und die Tibia nach dorsal manipuliert.

Kriterium für eine Läsion:

- weicher Anschlag

zu 6. Überprüfung der Menisken

Folgende Tests wurden durchgeführt:

Steinmann 1:

Dabei werden Rotationsbewegungen des 90° flektierten Kniegelenkes in Rückenlage durchgeführt. Folgende Kriterien wurden als Zeichen einer Läsion gewertet.

Medialer Meniskus: Schmerzen bei Außenrotation

Lateraler Meniskus: Schmerzen bei Innenrotation

Böhler-Zeichen:

Es wurde ein Valgus- und Varus-Stress bei 20° flektiertem Kniegelenk ausgelöst. Folgende Kriterien wurden als Zeichen einer Läsion gewertet:

Lateraler Meniskus: Schmerzen bei Valgus-Stress

Medialer Meniskus: Schmerzen bei Varus-Stress

Apley-Grinding:

Es wurden forcierte Rotationsbewegungen bei 90° flektiertem Bein mit axialem Druck in Bauchlage durchgeführt.

Als Kriterium für eine Läsion am medialen Korpusmeniskus wurde gewertet: Schmerzen bei Außenrotationsbewegungen.

Als Kriterium für eine Läsion am lateralen Korpusmeniskus wurde gewertet: Schmerzen bei Innenrotationsbewegungen.

zu 7. Patellaspezifische Tests

Messung des Q-Winkels:

Der Q-Winkel ist der Winkel zwischen Quadrizepszug und Patellarsehne. D.h. es wurde der Winkel zwischen der Linie der Spina iliaca ant. sup. zur Patellamitte und von der Patellamitte zur Tuberositas tibiae gemessen.

Normwerte: Männer: <17°, Frauen:<20°

Überprüfung der Patellafacetten auf Druckschmerz:

Durch gemäßigten Druck auf die einzelnen Patellafacetten wurde geprüft, ob dieser Druck Schmerzen auslöst.

Überprüfung von retropatellären Krepitationen:

Es wurde vom Untersucher die flache Hand auf die Patella gelegt und dann das Knie durchbewegt. Wurden Reibegeräusche gespürt oder gehört, wurde dies als positiv gewertet.

Zohlen-Zeichen:

Die Patella wurde vom Untersucher nach kaudal fixiert und der Patient wurde aufgefordert den M. quadrizeps anzuspannen. Wurden dadurch Schmerzen ausgelöst, wurde das Zeichen als positiv gewertet.

Überprüfung der patellären Mobilität und des patellären Verschiebeschmerzes:

Die Patella wurde beim entspannten, in Rückenlage liegenden Patienten nach lateral und medial, bzw. kaudal und kranial verschoben.

Apprehension-Test:

In 30° Flexion wurde dafür die Patella nach lateral subluxiert. Der Test wurde als positiv bewertet, wenn Abwehrbewegungen des Patienten aus Angst vor einer Luxation/Subluxation angegeben und/oder registriert wurden. Ein positiver Apprehension-Test gilt als Hinweis für eine stattgefundene Patellaluxation.

zu 8. Überprüfung von Druckschmerzen an der Entnahmestelle

Es wurden Kompressionsbewegungen am medialen bzw. lateralen Femurkondylus durchgeführt, um eine Schmerzhaftigkeit zu überprüfen.

zu 9. Messung der muskulären Atrophie am Unter- bzw. Oberschenkel

Als indirektes Maß für die muskuläre Atrophie überprüfte der Untersucher die Umfänge an Ober- und Unterschenkel, jeweils 10 und 20 cm oberhalb bzw. unterhalb der Mitte der Knie- scheibe, im Vergleich zur Gegenseite.

zu 10. Sensibilitätsprüfung am operierten Kniegelenk

Dabei konzentrierte sich der Untersucher auf die Prüfung der Berührungssensibilität durch Bestreichen des Kniegelenkes und der Schmerzempfindung durch Auslösung von kleinen Schmerzreizen

5.2.3 Erfassen des Lysholm-Scores

Der als modifizierter Larson-Score entwickelte Lysholm-Score (Lysholm und Gillquist, 1982) umfasst 8 Punkte plus der Frage nach dem Aktivitätsgrad, welcher allerdings nicht in die Punktzahl einfließt. Der Score wurde entwickelt, um Patienten nach Knieoperationen besser evaluieren zu können. Abgefragt werden folgende Punkte und ihre Ausprägung (siehe Untersuchungsblatt im Anhang): Hinken, Gehstützen, Schwellung, Blockaden, Treppensteigen, Hackensitz, Instabilität sowie Schmerzen. Dabei wird jedem Punkt und seiner Ausprägung ein Wert zugeordnet. Maximal kann beim Lysholm-Score ein Wert von 100 erreicht werden.

Jeder Patient wurde nach der aktuellen postoperativen Situation und einmal retrospektiv nach der präoperativen Situation befragt.

5.2.4 Erfassen des Tegner-Scores

Dieser Score erfasst speziell den Aktivitätsgrad der Patienten (Tegner und Lysholm, 1985). Dabei gibt es 11 Abstufungen. Von 10 (Alle Sportarten sind als Hochleistungssport möglich) bis 0 (Erwerbstätigkeitsverlust oder Einschränkung aufgrund der Knieprobleme). Befragt wurden die Patienten aktuell nach dem postoperativen Aktivitätslevel und retrospektiv nach dem präoperativ vorhandenen Aktivitätslevel (s. Fragebogen zum Tegner-Score im Anhang).

5.2.5 Erfassen der Visual-Analog-Skala (VAS)

Die Visual-Analog-Skala (VAS) ist eine Verhältnisschätzmethode der experimentellen und klinischen Algisemetrie, bei der eine Person die Intensität ihrer Schmerzen anhand einer Skala einschätzt. Diese Skala besteht aus einer 10 cm langen horizontalen oder vertikalen Linie mit der Bezeichnung am linken resp. unteren Ende und der Bezeichnung am rechten resp. oberen Ende der Linie. In der Studie wurde die Skala in leicht abgewandelter Form verwendet. Die Methode der Algisemetrie wurde nicht genutzt, vielmehr sollten die Patienten mündlich eine Quantifizierung ihrer aktuellen Schmerzen postoperativ und retrospektiv von 0 ("überhaupt kein Schmerz") bis 10 ("der stärkst möglicher Schmerz überhaupt") angeben.

5.2.6 Kernspintomographische Untersuchung

In dieser Studie erklärten sich 18 Patienten bereit, kernspintomographische Aufnahmen ihrer operierten Kniescheiben anfertigen zu lassen. In Zusammenarbeit mit PD Dr. K. Wörtler et al. und dem radiologischen Institut am Klinikum Rechts der Isar wurden diese MRT-Untersuchungen unter Einsatz hochauflösender FSE-Sequenzen mit Drive-Impuls durchgeführt.

Erste Erfahrungswerte von Wörtler et al. zeigten, dass mit dieser Technik eine suffiziente Evaluation osteochondraler Autografts mittels MRT möglich ist. Die Untersuchungen der Patienten wurden an einem konventionellen Ganzkörper-MR-Tomographen der Feldstärke 1,5 T (Gyrosan NT Intera, Philips) unter Verwendung einer flexiblen Ringspule (Durchmesser 8cm) nach folgendem Sequenzprotokollschema durchgeführt:

- T1-gewichtete FSE-Sequenz mit Drive-Impuls
- PD-gewichtete FSE-Sequenz mit Drive-Impuls und spektraler Fettsättigung.

Die beiden Pulssequenzen wurden in Abhängigkeit von der Lokalisation der Transplantate in jeweils zwei orthogonalen Schichtorientierungen aufgenommen. Die Gesamtmesszeit lag bei etwa 15 Minuten.

Vorteil dieser Technik (Abb. 5.3) ist es, dass eine artefaktarme, hochauflösende Darstellung osteochondraler Autografts erreicht wird und eine gleichzeitige Beurteilung von Knochenmark und Gelenkknorpel zu erreichen ist.

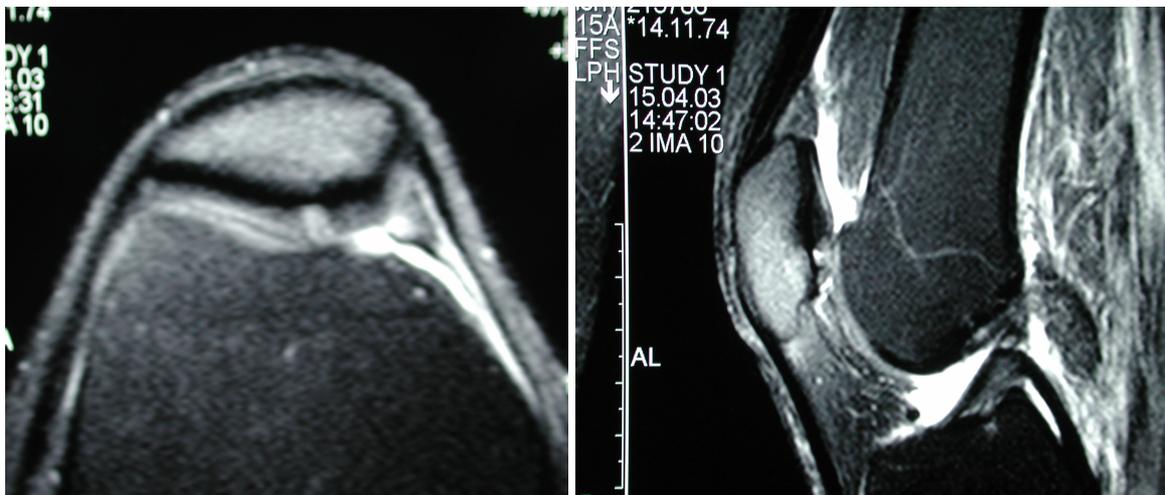


Abb. 5.3: Transversale und Axiale MRT Bilder von Patienten mit Patella OATS

Befundung der MRT- Bilder

Die Befundung der kernspintomographischen Bilder wurde durch den Leitenden Oberarzt der Radiologie am Klinikum Rechts der Isar Dr. Wörtler, vorgenommen. Dabei verwendete er ein von ihm entwickeltes Evaluationssystem, das aus 7 Kriterien besteht. Jedem einzelnen Kriterium wird dabei ein Punktwert zugeordnet, je nach Befund 0,1,2 oder 3 Punkte. Die Punkte aller 7 Kriterien werden addiert. Dabei entspricht der Höchstwert von 20 Punkten einem optimalen kernspintomographischen Befund des Autografts.

Die einzelnen radiologischen Kriterien sind (siehe Befundblatt MRT im Anhang):

- Die Kongruenz des Transplantats zum restlichen Knorpel der Patella
Befundwerte: Optimal - 2 Punkte, geringe Inkongruenz - 1 Punkt,
deutliche Inkongruenz - 0 Punkte
- Zustand des Knorpels des Transplantats
Befundwerte: normal 3 - Punkte, signalverändert 2 - Punkte,
Oberflächendefekt - 1 Punkt, Knorpelverlust - 0 Punkte
- Zustand des subchondralen Knorpels des Transplantats
Befundwerte: normal 3 - Punkte, Ödem - 2 Punkte, Zystenbildung - 1 Punkt,
Signalverlust - 0 Punkte
- Zustand des Knorpels in der Umgebung des Transplantats
Befundwerte: normal - 3 Punkte, signalalteriert - 2 Punkte, Oberflächendefekt - 1
Punkt,
Knorpelverlust - 0 Punkte
- Zustand des subchondralen Knochens in der Umgebung des Transplantats
Befundwerte: normal - 3 Punkte, Ödem - 2 Punkte, Zystenbildung - 1 Punkt,
Signalverlust - 0 Punkte
- Zustand des Gleitlagers
Befundwerte: normal - 3 Punkte, signalalteriert - 2 Punkte,
Oberflächendefekt - 1 Punkt,
Knorpelverlust - 0 Punkte
- Ausmaß des Gelenkergusses
Befundwerte: keiner - 2 Punkte, gering - 1 Punkt, deutlich - 0 Punkte

5.3 Statistische Auswertung

Stetige Merkmale wurden als Mittelwert und Standardabweichung dargestellt, kategorielle Merkmale als absolute und relative Häufigkeiten.

Für den Vergleich zweier anhängiger stetiger Merkmale wurde der Wilcoxon-Test durchgeführt. Bei zwei unabhängigen stetigen Merkmalen wurde der Mann-Whitney-U-Test durchgeführt.

Statistische Signifikanz wurde bei $p < 0,05$ angenommen. Alle Tests wurden zweiseitig durchgeführt unter Mitwirkung von Fr. Hollweck vom Institut für medizinische Statistik und Epidemiologie der TU München. Für die Analyse wurde SPSS Version 13.0 (SPSS INC., Chicago, IL, USA) verwendet.

6. Ergebnisse

6.1 Lysholm-Score

Der Lysholm-Score, welcher 8 Kriterien umfasst konnte bei allen untersuchten Fällen (n=24) erfasst werden. Dabei wurde ebenfalls retrospektiv der präoperative Score ermittelt. Die maximal erreichbare Punktzahl ist dabei 100.

Bei der vorliegenden Erfassung betragen die niedrigsten prä - bzw. postoperativen Werte 12 bzw. 38 Punkte, die höchsten 88 bzw. 100 Punkte.

Im arithmetischen Mittel aller Patienten waren dies präoperativ 55,1 und postoperativ 81,2 Punkte. Damit verbesserte sich der Lysholm-Score postoperativ um 26,1 Punkte (47%) hochsignifikant ($p < 0,001$) (Abb. 6.1).

Bei den Frauen betrug der Mittelwert prä - bzw. postoperativ 57,6 bzw. 84,4 Punkte. Damit wurde eine Verbesserung des Lysholm-Scores um 26,8 Punkte (47,7%) registriert. Bei den männlichen Patienten lag der prä- bzw. postoperative Mittelwert bei 54,4 bzw. 80,4 Punkten. Der Score verbesserte sich um 26 Punkte (46,5%) (s. Tab.:6.1). Ein signifikanter Unterschied im Mittelwert des Scores zwischen Männern und Frauen konnte nicht festgestellt werden.

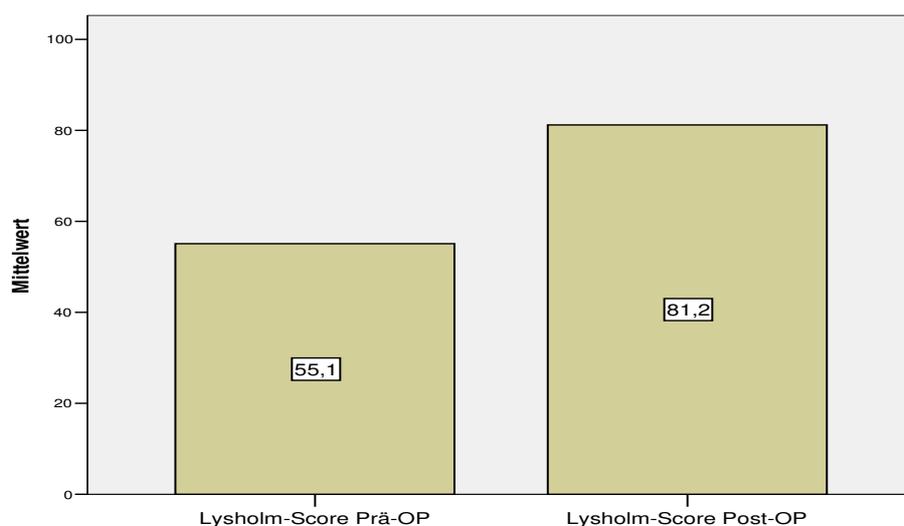


Abb. 6.1: Lysholm-Score Prä-OP und Post-OP, Mittelwert aller Patienten

Tab. 6.1: Lysholm-Score, aufgeteilt nach Geschlechtern

Mittelwert (±Standardabweichung)	Prä-OP	Post-OP	Verbesserung Post-OP/ Prä-OP
Gesamt (n=24)	55,1 (±22,27)	81,2 (±16,65)	26,1 (±25,95)
Weiblich (n=5)	57,6 (±22,11)	84,4 (±13,87)	26,8 (±34,81)
Männlich (n=19)	54,4 (±22,86)	80,4 (±17,55)	26,0 (±24,31)

Analysiert man den Lysholm-Score nicht nach absoluten Werten sondern unterteilt je Wert in die Kategorien schlecht, „mäßig“, „gut“ und „exzellent“, so ergibt sich für unser Kollektiv folgendes:

Präoperativ wurden 15 (62,5%) als schlecht bewertet, 5 (20,8%) als mäßig und 4 (16,7%) als gut. Als exzellent wurde kein Patient anhand des Lysholm-Scores eingeschätzt.

Postoperativ waren 6 (25,0%) Patienten als schlecht bewertet, 5 (20,8%) als mäßig, 6 (25,0%) als gut und 7 (29,2%) als exzellent (Tab. 6.2).

Tab. 6.2: Lysholm-Score aufgeteilt in Kategorien Prä- und Post-OP

Anzahl (%)	Prä-OP	Post-OP
Schlecht (<64 Pkt.)	15 (62,5%)	6 (25,0%)
mäßig (65-83 Pkt.)	5 (20,8%)	5 (20,8%)
gut (84-90 Pkt.)	4 (16,7%)	6 (25,0%)
exzellent (>90 Pkt.)	0	7 (29,2%)

6.2 Aktivitätsscore nach Tegner

Der Tegner Score beschreibt den Aktivitätszustand der Patienten und vergibt Werte von 0 (Arbeitsunfähigkeit oder Invalidität wegen der Kniegelenksverletzung) bis 10 (alle Leistungssportsarten). Retrospektiv wurde auch der präoperative Score erfasst.

In der vorliegenden Studie lagen die präoperativen Punktwerte zwischen 0 und 6, die postoperativen zwischen 3 und 7. Der Mittelwert aller Patienten lag präoperativ bei einem Wert von 2,9 und postoperativ bei 4,5 (Abb. 6.2 und Tab.: 6.3). Damit verbesserte sich der Tegner in diesem Kollektiv (Abb. 6.2) durchschnittlich um 1,7 (58%) hochsignifikant ($p < 0,001$).

Bei den weiblichen Patienten betrug der Mittelwert prä- bzw. postoperativ 3 bzw. 4,2. Damit wurde eine Verbesserung des Tegner-Scores um 1,2 Punkte (40%) erreicht. Bei den männlichen Patienten (Tab.6.3) liegt der prä- bzw. postoperative Mittelwert bei 2,8 bzw. 4,6. Der Score verbesserte sich im Mittel um 1,8 (63,0%). Ein signifikanter Unterschied zwischen Männern und Frauen in den Verbesserungen des Wertes kann nicht festgestellt werden.

Tab. 6.3: Aktivitätsscore nach Tegner, eingeteilt nach Geschlechtern Prä- und Post-OP

Mittelwert (\pmStandardabweichung)	Prä-OP	Post-OP	Verbesserung Post-OP zu Prä-OP
Gesamt (n=24)	2,9 (\pm 1,62)	4,5 (\pm 1,14)	1,7 (\pm 1,78)
Weiblich (n=5)	3,0 (\pm 1,87)	4,2 (\pm 0,84)	1,2 (\pm 2,39)
Männlich (n=19)	2,8 (\pm 1,61)	4,6 (\pm 1,21)	1,8 (\pm 1,65)

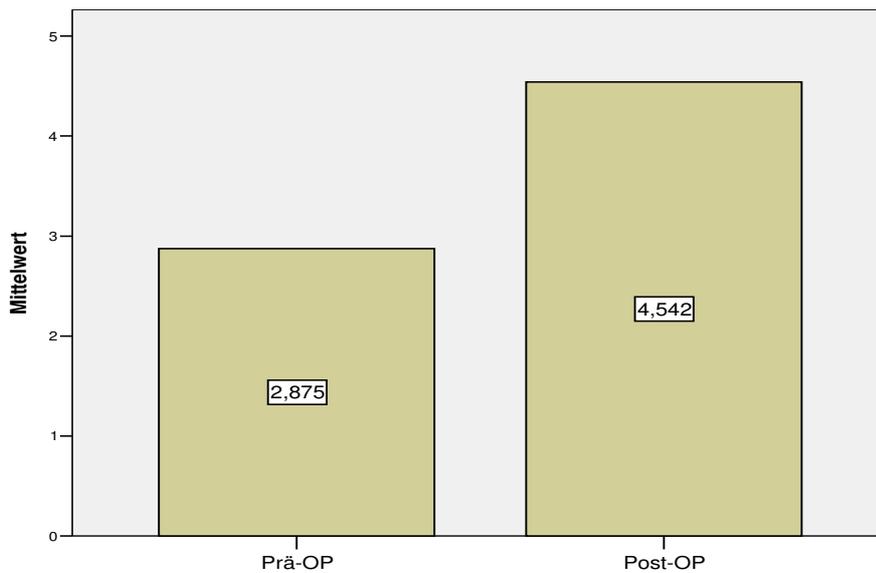


Abb. 6.2: Aktivitätsscore nach Tegner Prä-OP und Post-OP: Mittelwert aller Patienten

6.3 Visual-Analog-Schmerz-Skala (VAS)

Mit Hilfe der Visual-Analog-Schmerz-Skala (VAS) wurde das Schmerzniveau auf einer Skala von 0 ("überhaupt kein Schmerz") bis 10 ("der stärkste mögliche Schmerz") retrospektiv präoperativ sowie postoperativ erfasst (n=24). Die höchsten Schmerzangaben lagen dabei prä- bzw. postoperativ auf einem Niveau von 9 bzw. 7, die niedrigsten Schmerzniveaus wurden mit 1 bzw. 0 angegeben.

Das arithmetische Mittel aller Patienten lag präoperativ bei 6,1 und postoperativ bei 2,9. Damit nahm das subjektive Schmerzniveau um 3,1 Punkte (50,7%) hochsignifikant ($<0,001$) ab (Abb. 6.3).

Bei den Frauen betrug der Mittelwert prä- bzw. postoperativ 6,4 bzw. 4. Damit nahm das Schmerzniveau der weiblichen Patienten um 2,4 (37,5%) ab. Bei den Männern lag der prä- bzw. postoperative Mittelwert bei 5,9 bzw. 2,7 und somit ist eine Abnahme von 3,3 (54,9%) zu verzeichnen (Tab. 6.4).

Ein signifikanter Unterschied zwischen Männern und Frauen konnte nicht erkannt werden.

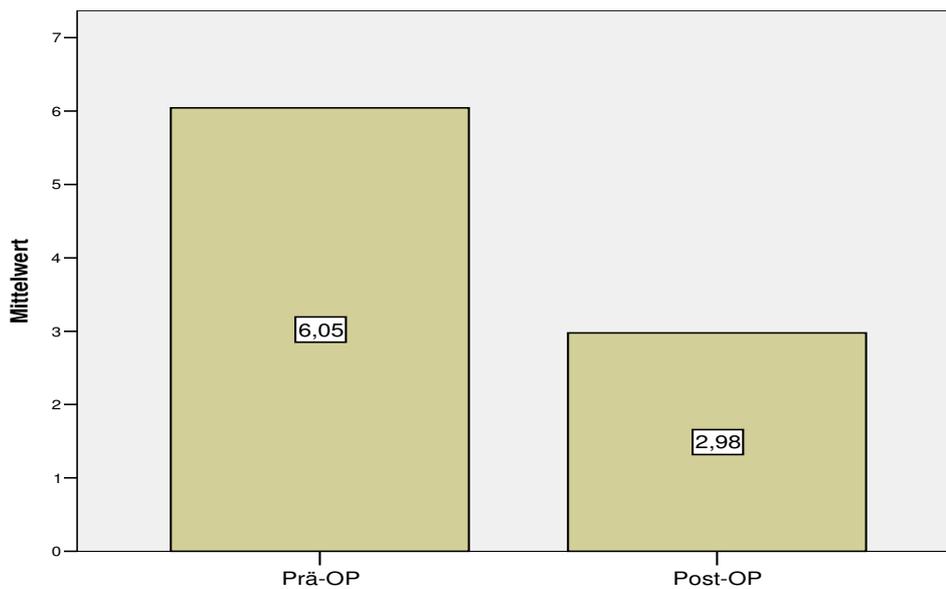


Abb. 6.3: Visual-Analog-Schmerz-Skala Prä-OP und Post-OP, Mittelwert aller Patienten

Tab. 6.4: Visual-Analog-Schmerz-Skala eingeteilt nach Geschlechtern – prä- und post-OP

Mittelwert (±Standardabweichung)	Prä-OP	Post-OP	Abnahme Post-OP/ Prä-OP
Gesamt (n=22)	6,1 (±1,96)	3,0 (±2,01)	3,1 (±2,71)
Weiblich (n=5)	6,4 (±1,52)	4,0 (±2,83)	2,4 (±3,78)
Männlich (n=17)	5,9 (±2,11)	2,7 (±1,70)	3,3 (±2,42)

6.4 Klinischer Frage- und Untersuchungsbogen nach Dr. Martinek

Die Patienten wurden anhand des Fragen -und Untersuchungsbogens nach Dr. Martinek befragt. Er diente einer standardisierten klinischen postoperativen Erfassung der Patienten. Er teilt sich auf in einen Anamneseteil und einen Untersuchungsteil.

Neben den vorgestellten Scores wurden zwei Punkte speziell abgefragt. Erstens die Zufriedenheit des Patienten mit dem Operationsergebnis und zweitens der Vergleich von 2 typischen Alltagshandlungen prä- zu postoperativ. Als Alltagshandlungen wurde Knien und Auf dem Bauch liegen bzw. Schlafen gewählt.

6.4.1 Zufriedenheit mit der Operation

Mit dem aktuellen postoperativen Ergebnis waren 20 der 24 Patienten (83,3%) zufrieden (Abb. 6.4). Rückblickend würden die Patienten sich angesichts des postoperativen Ergebnisses diesem Operationsverfahren nochmals unterziehen. 4 der 24 Patienten (16,7%) waren mit dem Ergebnis nicht zufrieden. 89,5 % der Männer (n=17) und 60% der Frauen (n=3) zeigten sich mit dem erreichten OP-Ergebnis zufrieden (Tab. 6.5). Unzufrieden mit der Operation waren 10,5% (n=2) der männlichen bzw. 40% der weiblichen Patienten (n=2). Ein signifikanter Unterschied zwischen Männern und Frauen lag nicht vor.

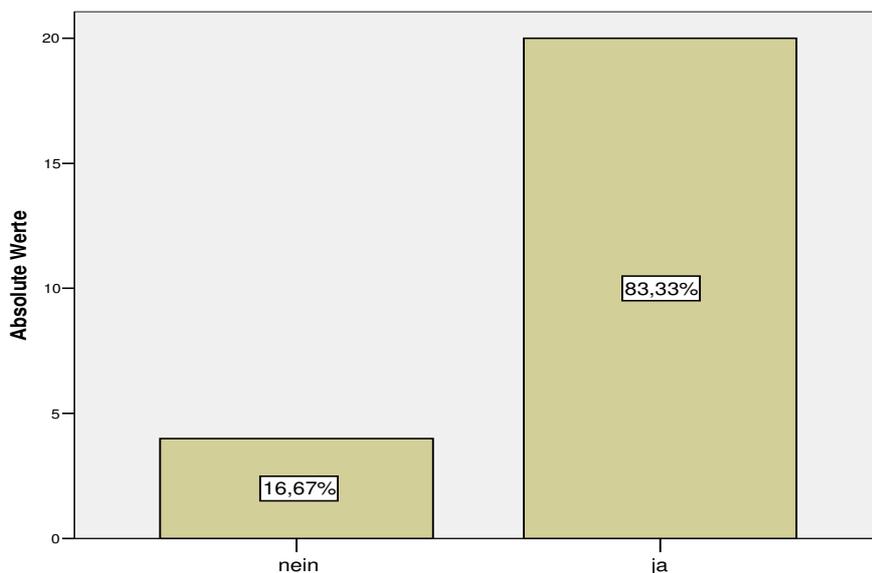


Abb. 6.4: Zufriedenheit mit OP-Ergebnis

Tab. 6.5: Zufriedenheit mit OP-Ergebnis

Anzahl (%)	Ja	Nein
Gesamt (n=24)	20 (83,3%)	4 (16,7%)
Weiblich (n=5)	3 (60,0%)	2 (40,0%)
Männlich (n=19)	17 (89,5%)	2 (10,5%)

6.4.2 Alltagskriterien - Knien und Auf-dem-Bauch-Liegen

Die Patienten wurden gefragt, ob Knien und Auf-dem-Bauch Liegen prä- bzw. postoperativ schmerzfrei sei. Dabei ergab sich für beide Kriterien kein signifikanter Unterschied zwischen dem prä- bzw. postoperativen Zustand. Präoperativ konnten 42,9% (n=9) der Patienten schmerzfrei knien, schmerzhaft war es bei 57,1% (n=12). Postoperativ nahm der Anteil der Patienten, die schmerzfrei knien konnten auf 33,3% (n=7) ab. Der Anteil der Patienten, die dies ohne Schmerzen nicht konnten, lag bei 66,7% (n=14). Zwischen den Geschlechtern gab es dabei keinen signifikanten Unterschied.

Auf den Bauch liegen bzw. schlafen konnten präoperativ ohne Beschwerden 86,4% (n=19). Nicht möglich war dies 13,6% (n=3) der Patienten. Postoperativ nahm der Anteil der Patienten, welche beim Liegen auf dem Bauch keine Schmerzen hatten, auf 95,5 % (n=21) zu, ein Patient (4,5%) gab dabei Beschwerden an.

6.4.3 Klinische Untersuchung

Anhand des Untersuchungsbogens von Dr. Martinek wurde postoperativ das Kniegelenk mit spezieller Konzentration auf die Patella und die Muskeln am Unter- und Oberschenkel untersucht. Im Weiteren wurden einige Funktionstests zur Feststellung der Kraft, Dehnbarkeit und Koordination an der unteren Extremität durchgeführt.

6.4.3.1 Kniegelenkerguss

Bei einem Follow-Up nach im Durchschnitt 30,5 Monaten war klinisch bei 22 Patienten (91,7%) kein Erguss nachweisbar. 2 Patienten (8,3%) wiesen einen Kniegelenkerguss auf. Getrennt nach Geschlechtern ergab sich kein signifikanter Unterschied (Tab.6.6).

Tab. 6.6: Kniegelenkerguss

Kniegelenkerguss	Gesamt n=24 (%)	Weiblich n=5 (%)	Männlich n=19 (%)
Ja	2 (8,3%)	0 (0%)	2 (10,5%)
Nein	19 (91,7%)	5 (100%)	17(89,5%)

6.4.3.2 Retropatelläre Krepitationen

Ein „retropatelläres Knirschen“ wiesen postoperativ 23 Patienten (95,8%) auf. Ein Patient wies keine Krepitationen auf (4,2%). Zwischen den Geschlechtern ergab sich kein signifikanter Unterschied (Tab.6.7).

Tab. 6.7: Retropatelläre Krepitationen

Retropatelläre Krepitationen	Gesamt n=24 (%)	Weiblich n=5 (%)	Männlich n=19 (%)
Ja	23 (95,8%)	5 (100%)	18 (94,7%)
Nein	1 (4,2%)	0 (0%)	1 (5,3%)

6.4.3.3 Druckschmerzen an den lateralen und medialen Kniescheibenfacetten

Einen Druckschmerz an der lateralen Patellafacette hatten 2 der 24 Patienten (8,3%). An der medialen Patellafacette zeigten dies 4 Patienten (16,7%). Zwischen den Geschlechtern gab es keinen signifikanten Unterschied (Tab. 6.8).

Tab. 6.8: Druckschmerz an der lateralen und medialen Patellafacette

	Druckschmerz, laterale Patellafacette	Druckschmerz, mediale Patellafacette
Ja – Gesamt (%)	2 (8,3%)	4 (16,7%)
Ja – Weiblich (%)	1 (20%)	2 (40%)
Ja – Männlich (%)	1 (5,3%)	2 (10,5%)
Nein – Gesamt (%)	22 (91,7%)	20 (83,3%)
Nein – Weiblich (%)	4 (80%)	3 (60%)
Nein – Männlich (%)	18 (94,7%)	17 (89,5%)

6.4.3.4 Druckschmerz an der Entnahmestelle (Donor-Site)

In 100% der Fälle wurden die Knochen-Knorpel-Zylinder am ipsilateralen Femur entnommen. 19-mal wurde am lateralen Femurkondylus Knochen-Knorpel-Zylinder entnommen, 6-mal am medialen. Bei einem der 24 operierten Kniegelenke waren beide femoralen Kondylen „Donor-Site“(Abb.6.5).

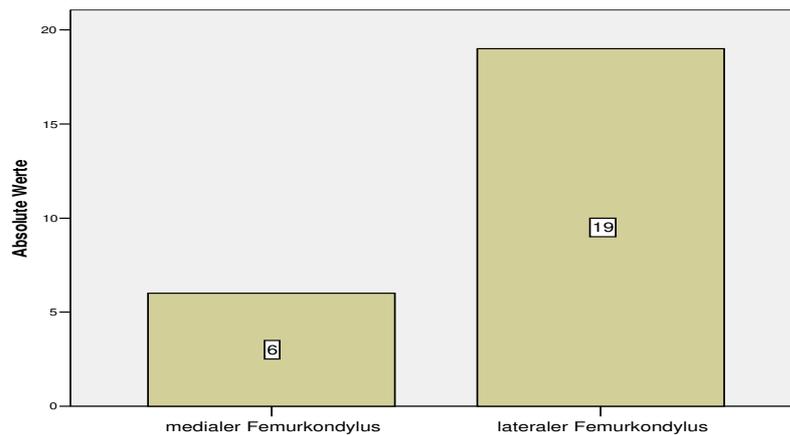


Abb. 6.5: Verteilung der Donor-Site

Keine Druckschmerzen an der Entnahmestelle hatten 19 Patienten (79,2%). 5 Patienten (20,8%) verspürten bei Druck auf die Donorsite Schmerzen. Zwischen den Geschlechtern ergab sich kein signifikanter Unterschied (Tab. 6.9).

Tab. 6.9: Druckschmerz an der Donor-Site

Druckschmerz an Donor-Site	Gesamt n=24 (%)	Weiblich n=5 (%)	Männlich n=19 (%)
Ja	5 (20,8%)	1 (20,0%)	4 (21,1%)
Nein	19 (79,2%)	4 (80,0%)	15 (78,9%)

6.4.3.5 Passive patelläre Verschiebbarkeit und patellärer Verschiebeschmerz

Bei 23 der 24 Patienten (95,8%) war die Kniescheibe passiv gut verschiebbar. Nicht gut möglich war dies bei einem Patienten (4,2%) (Tab. 6.10). Beim Verschieben der Kniescheibe zeigten 21 Patienten (87,5%) keine Probleme, schmerzhaft war diese Untersuchungstechnik für 3 (12,5%) Patienten (Abb.6.6). Getrennt auf beide Geschlechter ergaben sich keine signifikanten Unterschiede.

Tab. 6.10: Passive Verschiebbarkeit der Kniescheibe

Verschiebbarkeit der Patella	Gesamt n=24 (%)	Weiblich n=5 (%)	Männlich n=19 (%)
möglich	23 (95,8%)	5 (100%)	18 (94,7%)
Nicht möglich	1 (4,2%)	0 (0%)	1 (5,3%)

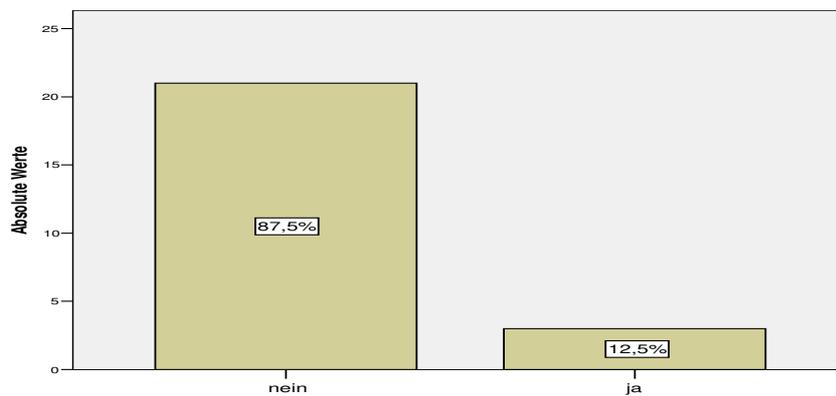


Abb. 6.6: Patellärer Verschiebeschmerz

6.4.3.6 Apprehension-Test

Positiv war dieser Test bei 3 der 24 Patienten (12,5%). 21 Patienten (87,5%) zeigten sich von diesem Manöver an der Kniescheibe unbeeindruckt (Tab. 6.11). Zwischen den Geschlechtern gab es, wie bei den vorherigen Ergebnissen, keinen signifikanten Unterschied.

Tab. 6.11: Apprehension-Test

Apprehension-Test	Gesamt n=24 (%)	Weiblich n=5 (%)	Männlich n=19 (%)
positiv	3 (12,5%)	1 (20,0%)	2 (10,5%)
negativ	21 (87,5%)	4 (80,0%)	17(89,5%)

6.4.3.7 Zohlen-Zeichen

Bei der postoperativen Ausführung des Zohlen-Tests hatten 8 Patienten (33,3%) Schmerzen. Bei 16 (66,7%) konnte der Test beschwerdefrei durchgeführt werden (Abb. 6.7). Ein geschlechterspezifischer Unterschied konnte nicht signifikant festgestellt werden.

Präoperativ war das Zohlen-Zeichen an allen 24 Kniegelenken positiv. Somit führte bei 16 der 24 Patienten (66,7%) die Operation zu einem Verschwinden des Zohlen-Zeichens (Tab. 6.12).

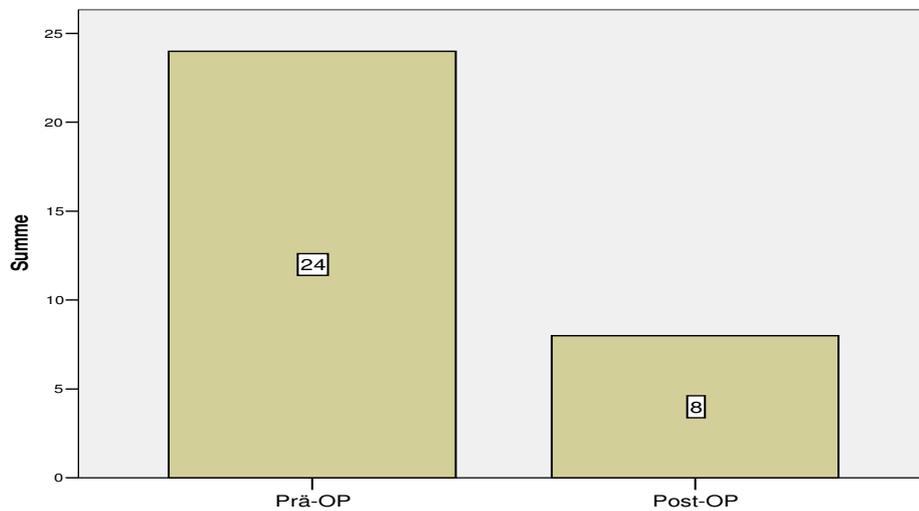


Abb. 6.7: Positives Zohlen – Zeichen

Tab. 6.12: Zohlen-Zeichen

Zohlen-Zeichen	Gesamt n=24 (%)	Weiblich n=5 (%)	Männlich n=19 (%)
Post-OP			
positiv	8 (33,3%)	1 (20,0%)	7 (36,8%)
negativ	16 (66,7%)	4 (80,0%)	12 (63,2%)

6.4.3.8 Q-Winkel

Der Q-Winkel lag im arithmetischen Mittel (n=20) bei 13,55° am operierten Knie und 13,70° am gegenseitigen Knie. Der kleinste Q-Winkel am operierten wie am gegenseitigen Knie lag bei 4°, der größte bei 19° bzw. 24° (Tab. 6.13).

Tab. 6.13: Q-Winkel (Werte in Grad)

Mittelwert (±Standardabweichung)	Operiertes Knie	Gegenseitiges Knie
Gesamt (n=24)	13,55 (±3,49)	13,70 (4,34)
Weiblich (n=5)	16,00(±3,56)	15,50 (±3,32)
Männlich (n=19)	12,94 (±3,30)	13,20 (±4,54)

6.4.3.9 Sensibilität

Bei der Überprüfung der Sensibilität und der Schmerzwahrnehmung am operierten Kniegelenk lag in 86,4% (n=19) der Fälle eine Störung vor. Eine Anästhesie über einem bestimmten Bereich des Knies wurde 12-mal (63,2%) festgestellt, 4-mal (21,1%) eine Hypästhesie, 1-mal (5,3%) eine Hyperästhesie und bei drei Patienten (10,5%) konnte die Sensibilitätsstörung nicht eingeordnet werden (Abb. 6.8). Zwischen den Geschlechtern gab es dabei keinen signifikanten Unterschied.

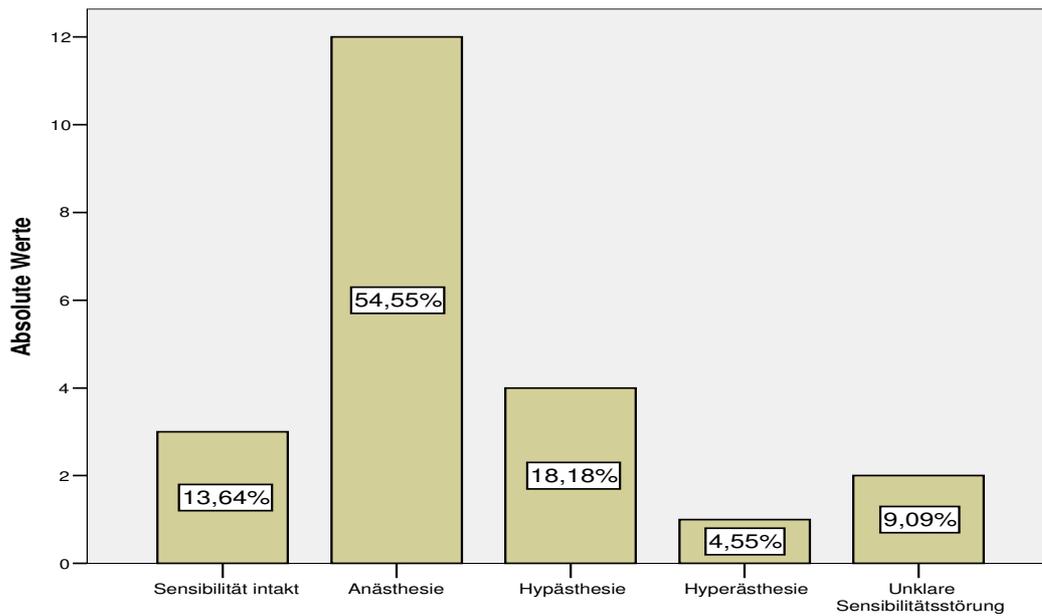


Abb. 6.8: Oberflächensensibilität am operierten Knie

Die Lokalisation der Störung war am lateralen Knieaußenrand 10-mal (52,6%) und 3-mal (15,8%) am medialen Knieaußenrand, jeweils 2-mal (10,5%) distal der Patella, im Bereich der Narbe anterior-medial und über einem Bereich in der Mitte der Kniescheibe (Abb. 6.9). Ein Unterschied zwischen den Geschlechtern konnte nicht signifikant festgestellt werden.

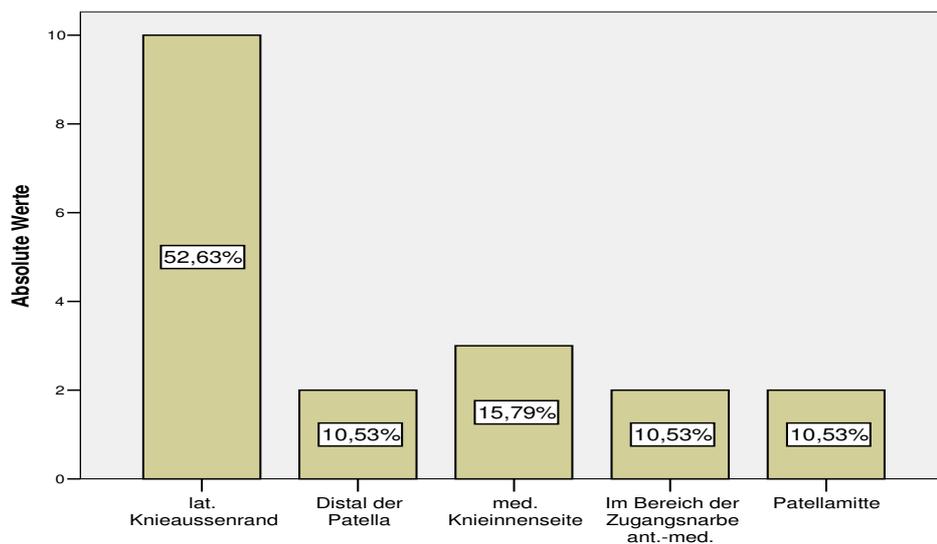


Abb. 6.9: Verteilung der Bereiche der Sensibilitätsstörungen

6.4.4 Kniegelenkstabilität- und Meniskusuntersuchung

Die Stabilität der Kreuz- bzw. Kollateralbänder sowie die Menisken wurden mit spezifischen Test (s. Kapitel 5) überprüft. Bei keinem der operierten Kniegelenke wurde postoperativ eine Instabilität der Bandstrukturen festgestellt. Bei der Prüfung der Menisken zeigte ein Patient positive klinische Zeichen für eine Pathologie (Tab. 6.14).

Tab. 6.14 Kniegelenkstabilität- und Meniskusuntersuchung

Kniegelenkstabilität / Meniskuszeichen	Kreuzbänder stabil	Kollateralbänder stabil	Meniskuszeichen positiv
ja	24	23	23
nein	0	0	1

6.4.5 Bewegungsausmaße des Kniegelenks und Untersuchung des Dehnungszustandes der ischiocruralen Muskulatur bzw. der Quadrizepsmuskulatur

Mit der Neutral-Null-Methode wurden am operierten wie am gesunden Knie die Bewegungsausmaße in Flexion (n=17) und Extension (n=17) gemessen und miteinander verglichen. Dabei lag der maximale Flexionsgrad am operierten bzw. gesunden Kniegelenk bei 165° bzw. 170°. Das arithmetische Mittel aller Untersuchungen lag bei 138,12° bzw. 139,12°. In 4 Fällen (23,5%) lag an dem operierten Knie im Vergleich zur Gegenseite ein Flexionsdefizit vor, zwischen 5° und 7°. In einem Fall (5,9%) war die Flexionsbeweglichkeit im Vergleich zur Gegenseite um 5° besser.

Die Extension lag am operierten wie am gegenseitigen Kniegelenk zwischen 0° und einer Überstreckung von 15°, im Mittel (n=17) bei 1,47° bzw. 2,06°. In 2 Fällen (11,8%) lag im Vergleich operiertes Kniegelenk zu gesundem Kniegelenk ein Extensionsdefizit von 5° vor.

Die angesprochenen Werte, verteilt nach Männern und Frauen, können Tabelle 6.15 entnommen werden.

Tab. 6.15 Bewegungsausmaße Kniegelenk nach Geschlechtern getrennt

Mittelwert (n=17) (Standardabweichung)	Weiblich(n=4)	Männlich (n=13)
Flexion operiertes Knie	148,75° (11,09)	134,85° (±7,03)
Flexion gesundes Knie	150,00° (±13,54)	135,77° (±6,72)
Extension operiertes Knie	0°(±0)	1,92° (±4,35)
Extension gesundes Knie	2,50°(±2,89)	1,92° (±4,35)

Der Dehnungszustand der Quadrizepsmuskulatur wurde anhand des Ferse-Gluteal-Abstandes verglichen. Er wurde an beiden Beinen gemessen.

Dabei war in 10 Fällen (58,8%) der Abstand an beiden Beinen gleich. 5 Patienten (29,4%) konnten die Ferse des nicht operierten Beines passiv näher an das Gesäß bringen als die des operierten. 3 Patienten (11,7%) zeigten das umgekehrte Phänomen. Sie ließen sich den Unterschenkel am operierten Bein näher ans Gesäß führen wie am nicht operierten, gesunden Bein (Abb. 6.10).

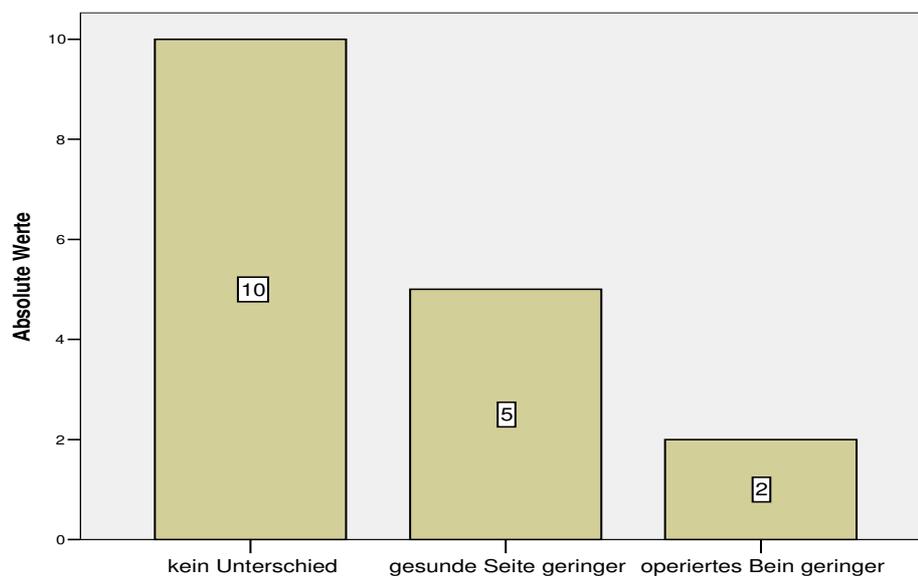


Abb. 6.10: Vergleich Ferse - Gluteal Abstand

Rückschlüsse auf die Dehnbarkeit der ischiocruralen Muskulatur wurden anhand des Finger-Boden-Abstandes bei durchgestreckten Kniegelenken gezogen. Danach war in 16 (80,0%) Fällen keine Verkürzung nachzuweisen. 4 (20%) Patienten wiesen eine Verkürzung der ischiocruralen Muskulatur auf. Der Finger-Boden-Abstand bei durchgestreckten Kniegelenken lag bei ihnen zwischen 5 und 24 cm.

6.4.6 Untersuchung der Atrophie des Ober- bzw. Unterschenkels

Die Atrophie des operierten Beines wurde anhand von Umfangsmessungen erfasst. Dabei wurden an 4 Stellen des Ober- bzw. Unterschenkels Umfänge gemessen:

- 20cm über der Patella-Mitte: Hinweis auf Atrophie des M. quadrizeps und der ischiocruralen Muskulatur
- 10cm über der Patella-Mitte : Hinweis auf Atrophie insbesondere des M. vastus medialis
- 10cm unterhalb der Patella-Mitte: Hinweis auf Atrophie des M. gastrocnemius
- 20cm unterhalb der Patella-Mitte: Hinweis auf Atrophie des M. soleus

Im Vergleich zur Gegenseite (n=17) war am operierten Knie der Oberschenkelumfang 20cm über der Patella-Mitte in 11 Fällen (64,7%) zwischen 1 und 6cm geringer als der auf der Gegenseite. In 2 Fällen (11,76%) war der Umfang der operierten Seite zwischen 1 und 2 cm größer.

In 15 Fällen war 10cm oberhalb der Patella-Mitte (n=18) der Umfang auf der operierten Seite zwischen 1 und 6cm geringer als auf der „gesunden“. Damit lag im Vergleich zur Gegenseite in 83,3% der Fälle am operierten Bein eine Atrophie vor. In einem Fall war der Umfang der operierten Seite größer (5,6%).

Bei den Messungen 10cm bzw. 20cm unterhalb der Patella-Mitte hatten 6 (37,5%) bzw. 12 (66,7%) der Patienten einen geringeren Umfang auf der operierten Seite als auf der „gesunden“. Dabei betrug der maximale Unterschied bei 10cm unterhalb der Patella-Mitte 1 cm und bei 20cm 4,5cm. Bei fünf Patienten (31,2%) war der Umfang 10cm unterhalb der Patella-Mitte auf der operierten Seite größer, bis zu maximal 2cm. Bei einem Patienten (5,5%) war der Umfang 20cm unterhalb der Patella-Mitte auf der operierten Seite größer, hier um 1cm.

6.4.7 Koordinations- und Krafttest – Hocksitz, Einbeinstand und Fersenlauf

Die Hockposition (n=24) konnte ohne Schmerzen von 16 Patienten (66,7%) eingenommen werden. Bei 8 Patienten (33,3%) war dies nicht möglich. Zur Überprüfung der muskulären, ligamentären Stabilität und der Propriozeption konnten alle untersuchten 23 Patienten (100%) den Einbeinstand (n=23) auf dem operierten Kniegelenk ohne Probleme vollziehen. Den Fersengang (n=22) konnten ebenfalls alle darauf untersuchten 22 Patienten (100%) durchführen (Tab. 6.16).

Tab. 6.16: Postoperative Koordinations- und Krafttests

Koordinations-und Krafttest	Hockposition (n=24)	Einbeinstand (n=23)	Fersengang (n=22)
möglich	16 (66,7%)	23 (100%)	22 (100%)
nicht möglich	8 (33,3%)	0(0%)	0 (0%)

6.5 Auswertung MRT

Die Auswertung der MRT-Aufnahmen (n=18) wurde von PD Dr. Wörtler an der radiologischen Abteilung des Klinikum Rechts der Isar München vorgenommen.

Dabei befundete er die Bilder nach den bereits in Abschnitt 5.2.6 beschriebenen Kriterien.

6.5.1 Kongruenz des Transplantats zur umgebenden patellären Gelenkfläche:

Drei der radiologisch untersuchten Kniescheiben (16,7%) wiesen eine deutliche Inkongruenz der eingesetzten Knochen-Knorpel-Zylinder zur umgebenden Gelenkfläche auf. In 11 Fällen (61,1%) konnte eine geringe Inkongruenz und in 4 Fällen eine optimale Kongruenz zur Umgebung festgestellt werden (Abb. 6.11). Zwischen den Geschlechtern gab es keinen signifikanten Unterschied.

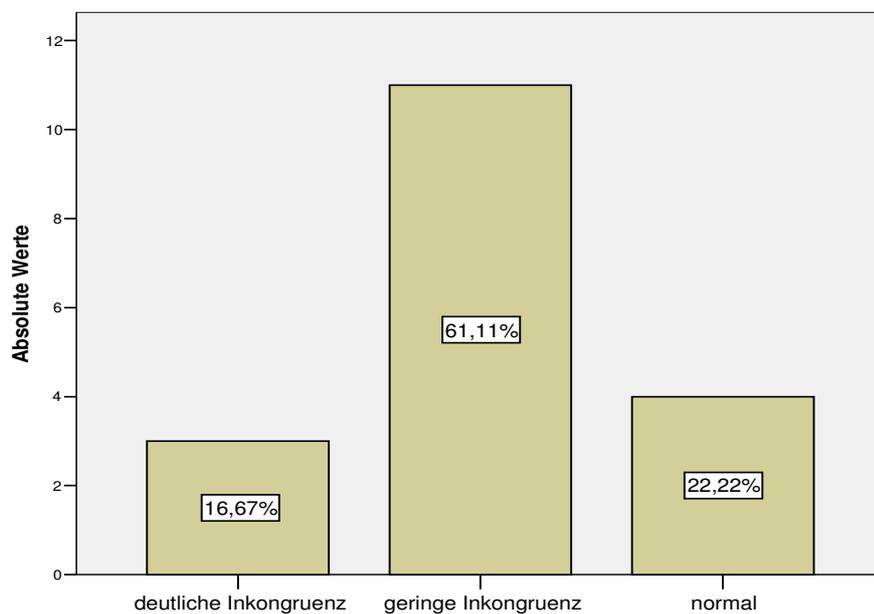


Abb. 6.11: Kongruenz der eingesetzten Knochen-Knorpel-Zylinder zur Umgebung

6.5.2 Knorpel der Transplantate

Die Befundung des hyalinen Knorpels der eingesetzten Zylinder erbrachte in 8 Fällen (44,4%) einen Oberflächendefekt, in 6 (33,3%) eine Signalalteration und in 4 (22,2%) einen nicht pathologischen Befund (Abb. 6.12). Zwischen den Geschlechtern war kein signifikanter Unterschied festzustellen.

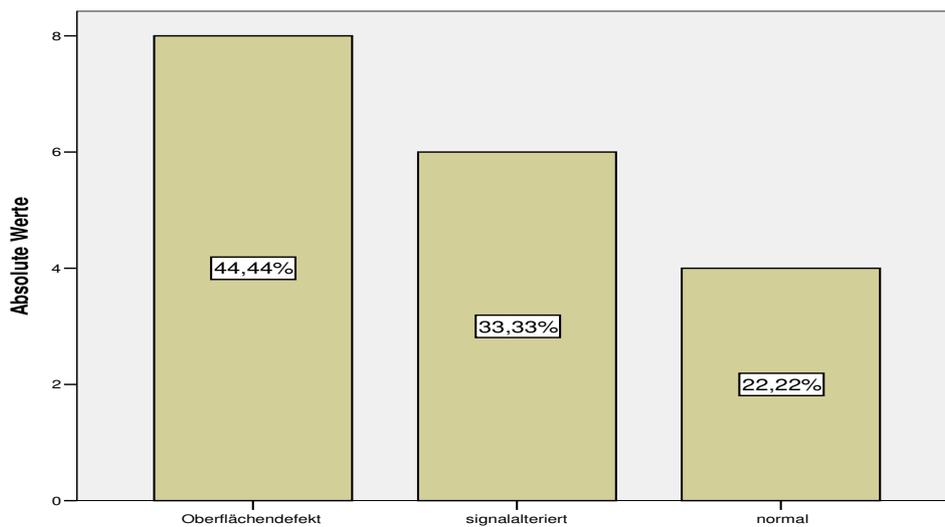


Abb. 6.12: Beschaffenheit des Knorpels der Transplantate im MRT

6.5.3 Subchondraler Knochen der Transplantate

Der subchondrale Knochen der Transplantate wies bei 7 Patienten (38,9%) Zysten auf. Viermal (22,2%) wurde ein Knochenödem festgestellt. Ein normalen Befund bezüglich des subchondralen Knochens wiesen 7 (38,9%) OATS-Kniescheiben auf (Abb. 6.13). Zwischen den Geschlechtern wurde kein signifikanter Unterschied festgestellt.

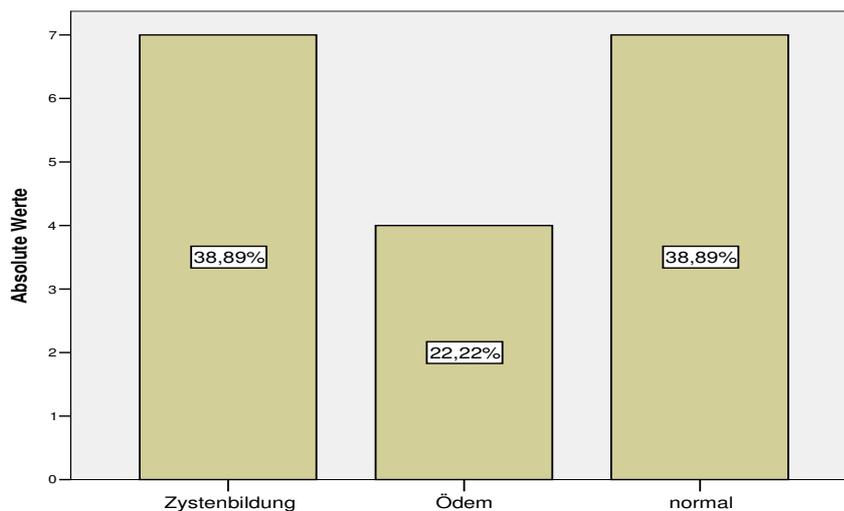


Abb. 6.13: Beschaffenheit des subchondralen Knochens der transplantierten Zylinder

6.5.4 Gelenkknorpel in der Umgebung der Transplantate

In der Umgebung des Transplantats bzw. der Transplantate wurde 1-mal (5,6%) ein Knorpelverlust, 6-mal (33,3%) ein Oberflächenverlust, 5-mal (27,8%) eine Signalalteration und 6-mal (33,3%) ein normaler Befund des Knorpels festgestellt (Abb. 6.14). Frauen und Männer zeigten in der Verteilung der Befunde keine signifikanten Unterschiede.

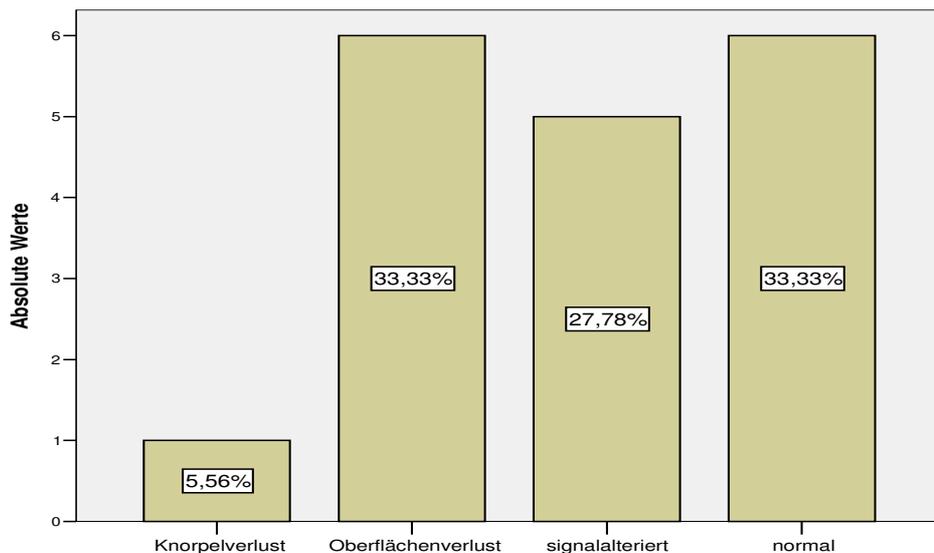


Abb. 6.14: Der Gelenkknorpel in der Umgebung der Transplantate

6.5.5 Subchondrale Knochen in der Umgebung der Transplantate

Bei 15 Patienten (83,3%) zeigte sich ein unauffälliger Befund. Bei 3 Patienten (16,7%) wurde ein Ödem festgestellt (Abb.6.15). Unterschiede zwischen Männer und Frauen waren nicht signifikant.

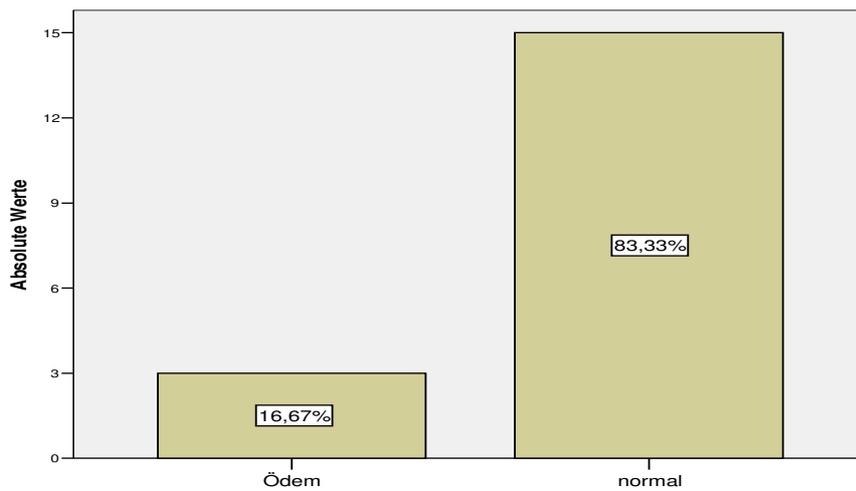


Abb. 6.15: Der subchondrale Knochen in der Umgebung der Transplantate

6.5.6 Gelenkerguss

Die MRT-Bilder der operierten Kniegelenke zeigten in 2 Fällen (11,1%) einen deutlichen bzw. in 9 Fällen (50,0%) einen geringen Gelenkerguss. In 7 Fällen (38,9%) lag radiologisch kein Gelenkerguss vor. Zwischen den Geschlechtern gab es keinen signifikanten Unterschied (Abb. 6.16).

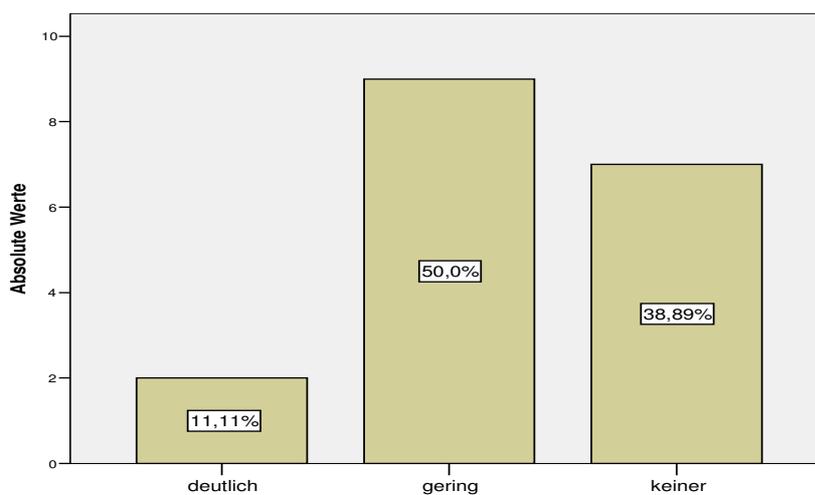


Abb. 6.16: Gelenkerguss

6.5.7 Femorales Gleitlager

In der Bewertung des femoralen Gleitlagers wurde in einem Fall (5,6%) ein Knorpelverlust des femoralen Gleitlagers festgestellt. Viermal (22,2%) lag ein Oberflächenverlust und 2-mal (11,1%) eine Signalalteration des Knorpels des femoralen Gleitlagers vor. Elfmal (61,1%) wurden keine pathologischen Veränderungen befundet (Abb. 6.17). Die Ergebnisse waren zwischen den Geschlechtern nicht signifikant unterschiedlich.

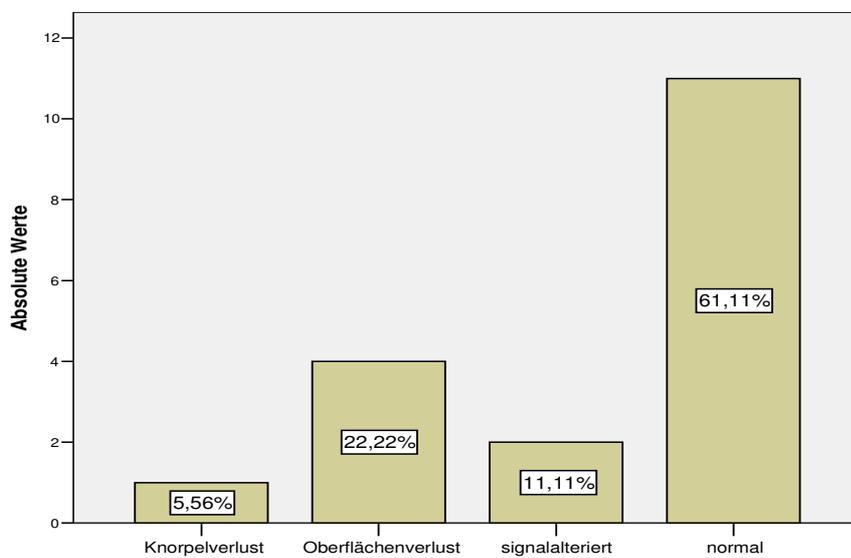


Abb. 6.17. Das femorale Gleitlager

6.5.8 Gesamtscore MRT nach Dr. Wörtler

Der Gesamtscore MRT nach Dr. Wörtler setzt sich aus den summierten Punktwerten zusammen, die für jede einzelne Kategorie vergeben wurden. Je nach Kategorie wurden max. 2 bzw. 3 Punkte vergeben. Das Maximum dieses Scores liegt bei 19 Punkten, damit wird ein hervorragendes radiologisches Ergebnis gekennzeichnet. In dem untersuchten Kollektiv (n=18) lag der höchste Wert bei 19 und der niedrigste bei 7 Punkten. Im arithmetischen Mittel wurden 13,1 Punkte erreicht (Abb. 6.17). Ein signifikanter Unterschied zwischen den Geschlechtern lag nicht vor.

Tab. 6.17 Gesamtscore MRT nach Dr. Wörtler

Mittelwert (\pmStandardabweichung)	Gesamtscore MRT
Gesamt (n=18)	13,1 (\pm 3,69)
Weiblich (n=3)	13,0 (\pm 6,00)
Männlich (n=15)	13,1 (\pm 3,38)

6.6 Zusammenhänge der klinischen Scores mit den radiologischen Ergebnissen

In der Korrelation zwischen dem MRT Score und den korrespondierenden Lysholm- und Tegner-Scores sowie der VAS wurde 2 mal ein signifikanter Zusammenhang in der Verbesserung post- zu präoperativ bzw. der Abnahme auf der VAS festgestellt :

Die radiologischen Ergebnisse der Befundung des Knorpels der Transplantate und die Verbesserungen im Tegner-Score korrelieren signifikant ($p < 0,05$).

Ebenso signifikant $p < 0,05$ konnte ein Zusammenhang zwischen den MRT-Ergebnissen für den subchondralen Knochen der Transplantate und den postoperativen Tegner-Scores festgestellt werden.

Ein Hinweis auf einen Zusammenhang ($p < 0,1$) ergab sich zwischen den Ergebnissen für die Kongruenz der Transplantate und der Verbesserung des Lysholm-Scores sowie der Abnahme der VAS.

Ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem MRT-Gesamtscore und den einzelnen klinischen Scores wurde nicht festgestellt.

6.7 Zusammenhang zwischen der Anzahl der Zylinder und den Scoreergebnissen

Den untersuchten 24 Patienten wurden im Durchschnitt 2,2 Zylinder transplantiert. Bei 6 Patienten wurde 1 Zylinder, bei acht wurden 2 Zylinder, bei neun wurden 3 Zylinder und bei einem wurden 4 Zylinder transplantiert (Abb. 6.18).

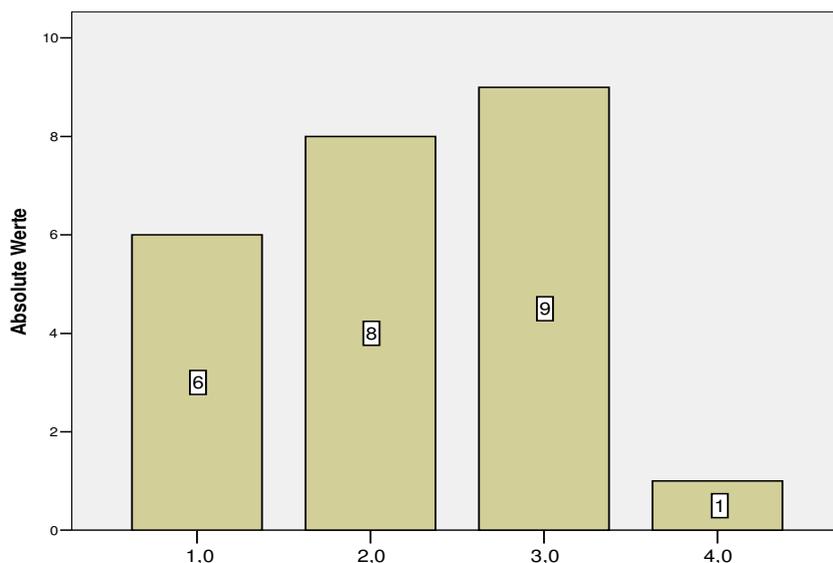


Abb. 6.18: Anzahl der eingesetzten Zylinder

Im Vergleich mit den erzielten Scores ergaben sich für die einzelnen Untergruppen folgende Ergebnisse. Dabei wurde aus analytischen Gründen eine Gruppe mit 3 und mehr Transplantaten zusammengeführt.

Die Patienten mit einem Zylinder erzielten eine postoperative Verbesserung des Lysholm-Scores im arithmetischen Mittel von 26 Punkten und des Tegner-Score um 2,7. In der Visual Analog Schmerz Skala (VAS) wurde eine Abnahme von 4,7 Punkten erreicht. Bei Patienten, denen 2 Zylinder eingesetzt wurden, verbesserten sich die Mittelwerte im Lysholm-Score um 37 Punkte und im Tegner-Score um 2,7 Punkte. In dieser Gruppe nahm der VAS-Wert um 3,43 Punkte ab. Bei Patienten, denen 3 oder mehr Zylinder transplantiert wurden, verbesserten sich die Mittelwerte im Lysholm-Score um 17,5 Punkte und im Tegner-Score um 0,9 Punkte. Die VAS nahm um 1,7 Punkte ab (Abb. 6.19 und Abb. 6.20).

Somit war beim Übergang von einem zu zwei transplantierten Zylindern keine signifikante Änderung der postoperativen Scores festzustellen. Im Vergleich dazu war bei drei oder mehr transplantierten Zylindern das Ergebnis der Operation schlechter, signifikant allerdings nur im Tegner-Score und in der VAS.

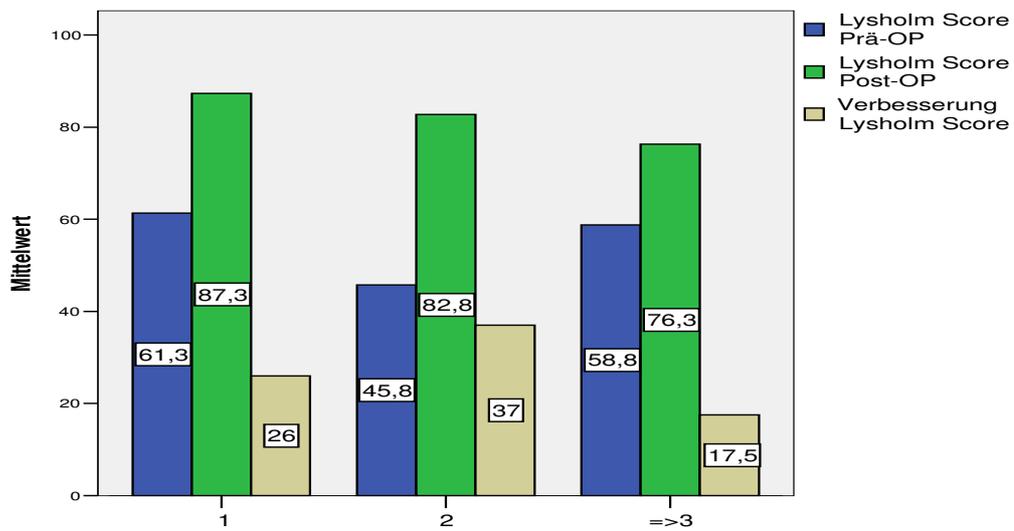


Abb. 6.19: Beziehung Lysholm-Score zu Anzahl der eingesetzten Zylinder

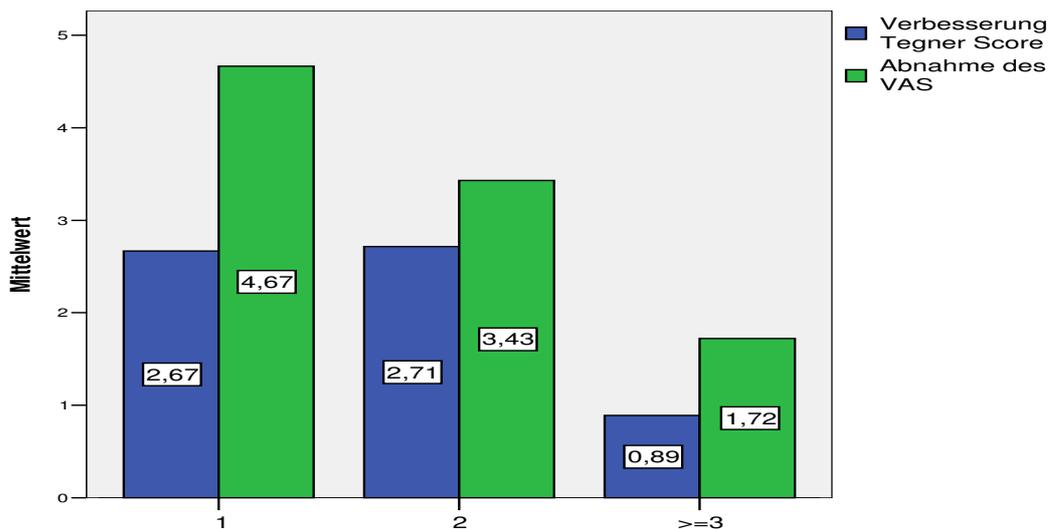


Abb. 6.20: Beziehung Tegner-Score und VAS zu Anzahl der eingesetzten Zylinder

6.8 Zusammenhang zwischen den Score-Ergebnissen und zusätzlich zur OATS durchgeführten Techniken

Bei acht der 24 operierten Kniegelenke wurden an der Patella Knochen-Knorpel-Zylinder transplantiert ohne weitere korrigierende Maßnahmen zum patellären Alignment durchzuführen. Sechsmal wurde zusätzlich eine Anteromedialisierung der Tuberositas tibiae kombiniert mit einem proximalen Realignment durchgeführt, 5 mal nur ein proximales Realignment, 4-mal ein Lateral Release und einmal eine mediale Raffung mit Distalisierung des M. vastus medialis.

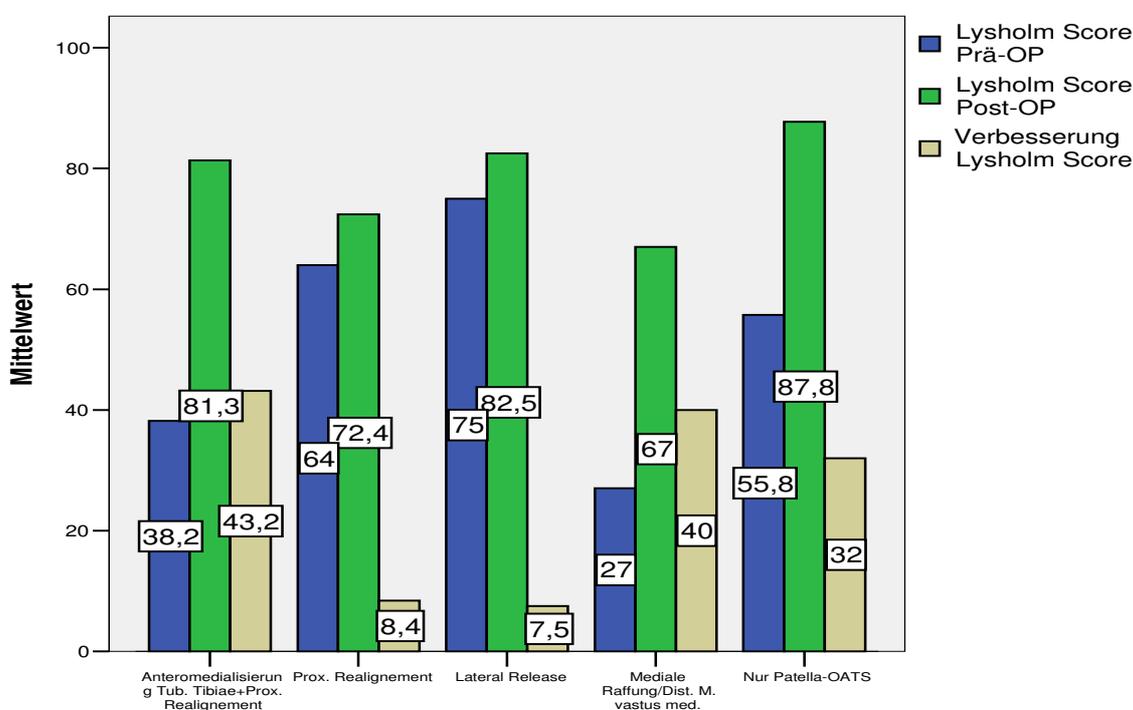


Abb. 6.21: Lysholm-Score abhängig von Zusatzeingriffen

Der Lysholm-Score verbesserte sich in der Gruppe mit einer Anteromedialisierung der Tuberositas tibiae plus proximalem Realignment um 43,2 Punkte, der Tegner-Score stieg um einen Punkt an und in der VAS wurde ein Rückgang um 3,2 Punkte erreicht. Bei Patienten, die zusätzlich zu der Patella-OATS ein proximales Realignment bekamen, verbesserten sich der Lysholm-Score um 8,4 Punkte und der Tegner-Score um 2,6 Punkte. Die Schmerzen gemessen auf der VAS nahmen im Schnitt um 2 Punkte ab. Bei der Gruppe mit Lateral Re-

lease plus Patella OATS verbesserten sich der postoperative Lysholm-Score bzw. Tegner-Score um 7,5 bzw. 0,25 Punkte. Die Schmerzen laut VAS nahmen in diesem Kollektiv um 1,12 Punkte ab. Der Patient, bei dem zusätzlich eine mediale Raffung vorgenommen wurde, verbesserte sich im Lysholm Score um 40 Punkte und im Tegner-Score um 5 Punkte. Sein Schmerzniveau nahm um 3 Punkte ab.

In der Gruppe, in der neben der OATS keine zusätzlichen Eingriffe zur Veränderung des patellären Alignments gemacht worden waren, verbesserte sich der postoperative Lysholm-Score um 32 und der Tegner-Score um 2,71 Punkte. Der Schmerzrückgang auf der VAS Skala lag im Durchschnitt bei 4,86 Punkten. Alle Werte zum Lysholm-Score zeigt Abb. 6.21, alle zu Tegner-Score und VAS entsprechend Abb. 6.22.

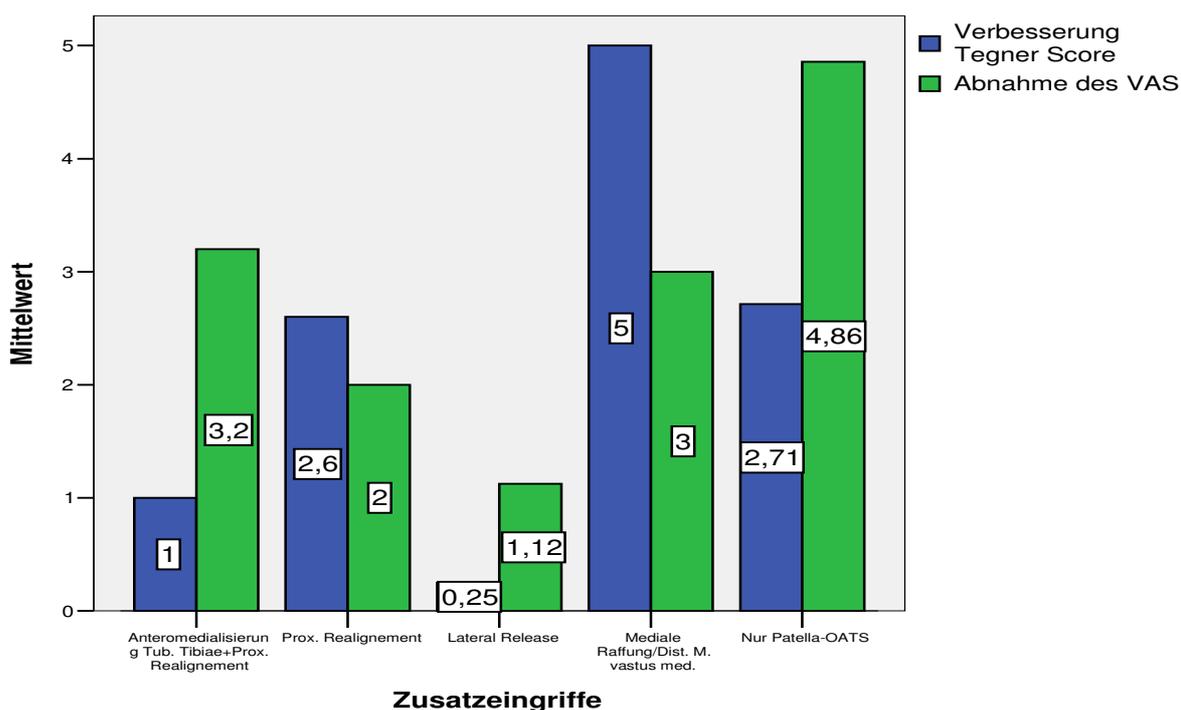


Abb. 6.22: Verbesserung des Tegner-Scores und Abnahme der VAS abhängig von den zusätzlich zur OATS durchgeführten Eingriffen

Die Verbesserungen nur mit Patella-OATS waren nicht signifikant unterschiedlich zu den Verbesserungen, die mit der Kombination Patella-OATS/Anteromedialisierung der Tuberositas Tibiae/proximales Realignment bzw. mit der Kombination Patella-OATS/proximales Realignment erzielt wurden. Dagegen war im Lysholm-Score die Verbesserung nur mit OATS signifikant größer als mit der Kombination OATS/Lateral Release. Ebenfalls signifikant war im Vergleich der im vorangehenden Satz genannten beiden Gruppen die stärkere Reduktion der Schmerzen nach VAS zugunsten der Patienten, die nur OATS bekamen. Keine Signifikanz aber eine klare Tendenz zeigten diesbezüglich auch die Werte im Tegner-Score.

6.9 Abhängigkeit der Score- Ergebnisse vom Follow-Up-Zeitpunkt

Um eine mögliche Abhängigkeit zwischen dem Zeitpunkt der Nachuntersuchung und den Score-Ergebnissen feststellen zu können, wurden 4 Gruppen gebildet (Abb. 6.23 und 6.24). In der Gruppe mit Follow-Up innerhalb der ersten 12 Monate waren 5 Patienten, in der Gruppe nach 13 bis 24 Monaten 6 Patienten, in der Gruppe nach 25-36 Monaten 6 Patienten und in der Gruppe nach mehr als 36 Monaten 7 Patienten. Dabei zeigte sich in der ersten Gruppe (<13 Monate) eine Verbesserung im Lysholm-Score von durchschnittlich 45 Punkten, im Tegner-Score von 2,75 und eine Abnahme der Schmerzen auf der VAS um 4,75. Patienten der zweiten Gruppe (13-24 Monate) verbesserten sich im Lysholm um 22,8, im Tegner um 0,83 und die Schmerzen nahmen um 2,33 Punkte ab. In der dritten Gruppe (25-36 Monate) wurde eine Verbesserung des Lysholm-Scores um 15,2 und im Tegner-Score um 2,5 Punkte erreicht. Die Schmerzen nahmen in diesem Kollektiv durchschnittlich um 2,92 ab. In der vierten Gruppe (>36 Monate) wurde der Lysholm-Score um 20,6 Punkte verbessert, der Tegner-Score nahm um 2 Punkte zu und in der VAS wurde eine Abnahme im Durchschnitt von 2,67 Punkten erreicht. Unterschiedliche Änderungen in Betracht der einzelnen Gruppen waren bis auf eine Ausnahme nicht signifikant. Im Vergleich von Gruppe 1 (<13 Monate) mit Gruppe 3 (25-36 Monate) war die Verbesserung im Lysholm-Score in Gruppe 1 signifikant größer.

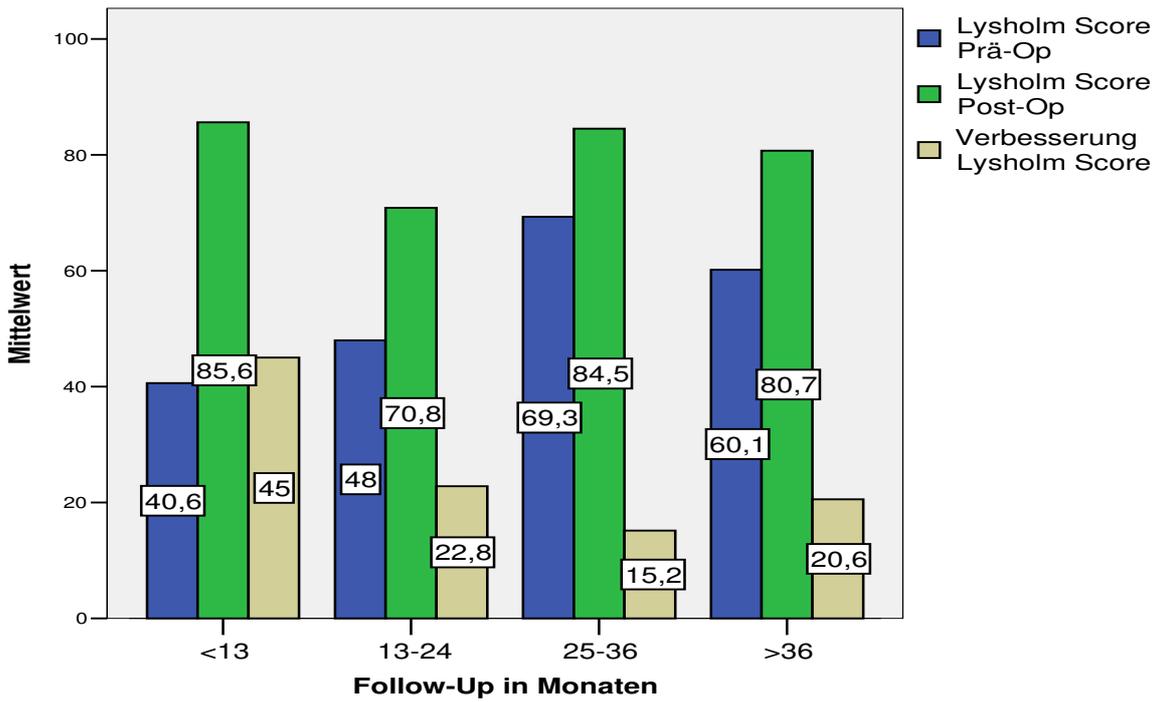


Abb. 6.23: Verbesserung des Lysholm-Scores in Abhängigkeit vom Follow-Up-Zeitpunkt

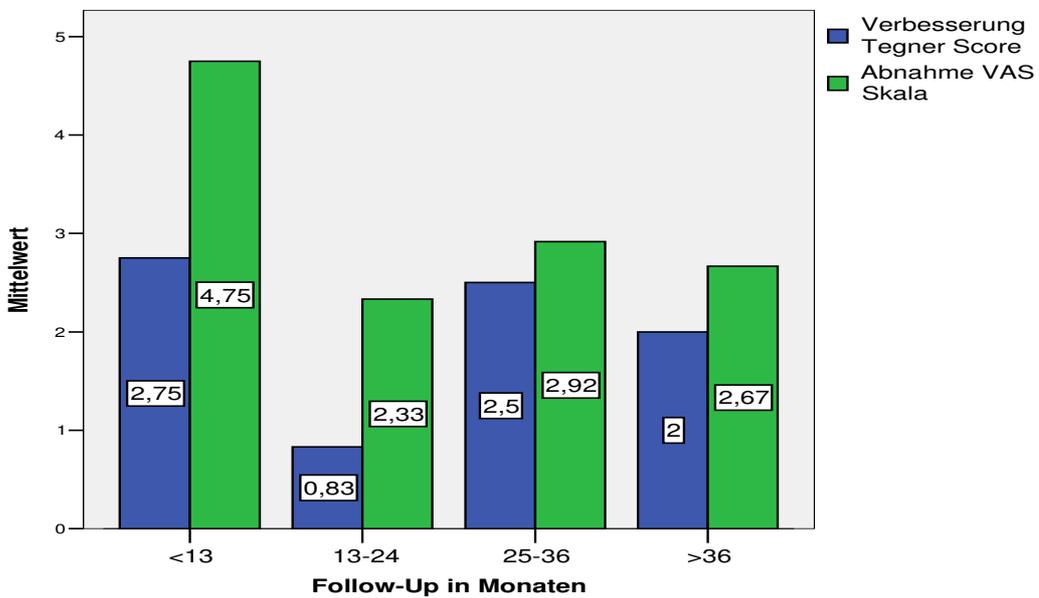


Abb. 6.24: Verbesserung bzw. Abnahme des postoperativen Tegner bzw. VAS Schmerzskala in Abhängigkeit vom Follow-Up-Zeitpunkt

6.10 Abhängigkeit der Score-Ergebnisse vom Alter der Patienten

Um der Frage nachzugehen, ob das Alter der Patienten zum Zeitpunkt der Operation ein den Erfolg der Operation beeinflussender Faktor ist, wurden die Patienten dieser Studie in drei Altersgruppen eingeteilt:

Gruppe 1: 25 Jahre und jünger, n=8

Gruppe 2: 26-40 Jahre, n=11

Gruppe 3: 41 Jahre und älter, n= 5

Die Patienten, die am Operationstag 25 Jahre und jünger waren erreichten eine Verbesserung im Lysholm-Score von durchschnittlich 29 Punkten und im Tegner-Score von 3,0. Die Schmerzen nahmen auf der VAS um 2,7 ab. Die zweite Gruppe, mit Patienten, die am Operationstag zwischen 26 und 40 Jahre alt waren, erreichte eine Verbesserung im Lysholm-Score um 21 Punkte sowie im Tegner-Score um 1,2 Punkte. Die VAS sank um 2,3.

Patienten der Gruppe 3 verbesserten sich im Lysholm-Score um 33 Punkte, im Tegner-Score um 2,0. Die Schmerzen, gemessen durch VAS, nahmen um 5,2 ab.

Die Unterschiede zwischen den Gruppen waren nicht signifikant.

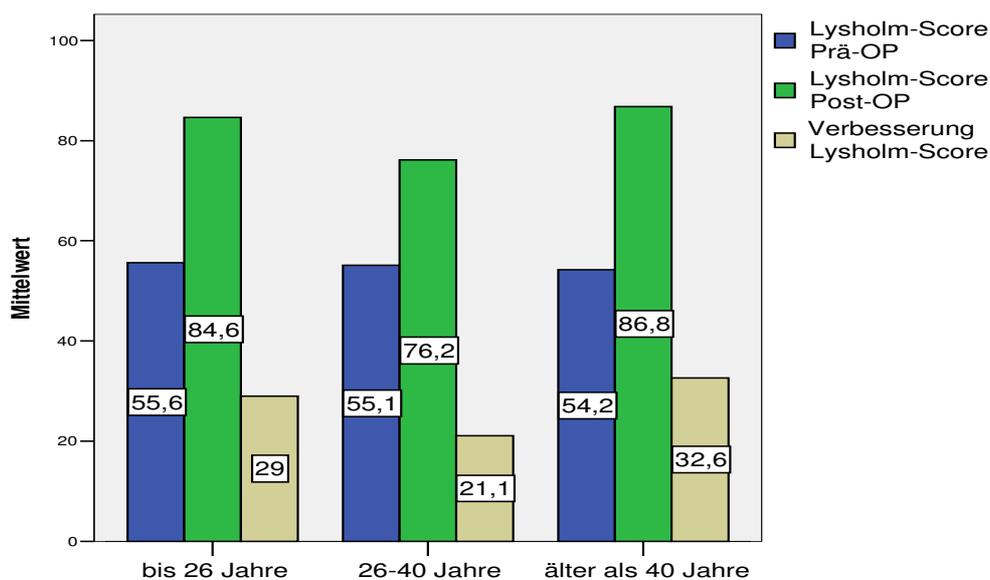


Abb. 6.25: Lysholm-Score in Abhängigkeit vom Alter der Patienten am Operationstag

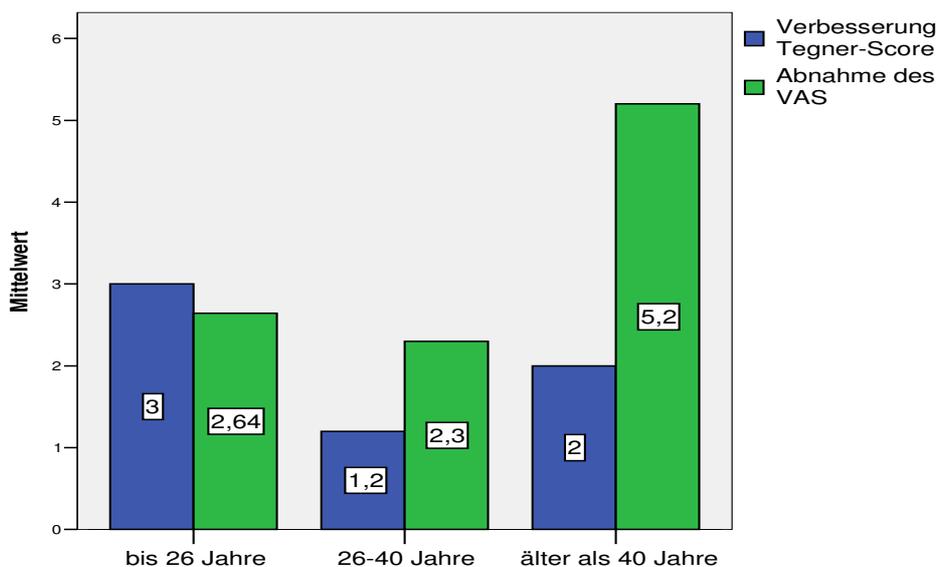


Abb. 6.26: Verbesserung im Tegner-Score und der VAS in Abhängigkeit vom Alter der Patienten am Operationstag.

6.11 Abhängigkeit der Score-Ergebnisse von der Lokalisation des retropatellären Knorpelschadens

Die morphologische Lage des retropatellären Knorpelschadens und damit die Lage der transplantierten Zylinder wurde anhand der OP-Berichte und Krankenakten ermittelt. Dabei waren bei 9 Patienten große Teile der gesamten retropatellären Rückfläche von dem Knorpelschaden betroffen. Diese kombinierten Defekte reichten teilweise von der lateralen Facette über den First bis hin zur medialen Facette. Bei 11 Patienten war der das Krankheitsbild bestimmende Defekt an der medialen Facette, in 3 Fällen ausschließlich an der lateralen Facette. In einem Fall wurde das Transplantat am Apex patellae eingesetzt. Vergleicht man diese Untergruppen bezüglich der erreichten postoperativen Verbesserung der Scores untereinander, so sind die Verbesserungen alle ähnlich groß und unterscheiden sich nicht signifikant voneinander.

Der Lysholm-Score verbesserte sich bei den Patienten mit Knorpeltransplantaten an der medialen Facette um 26,5 Punkte, bei Transplantaten an der lateralen Facette um 34,7 Punkte, und bei kombinierten, auf der gesamten patellären Rückfläche gelegenen Transplantaten um 23,9 Punkte (Abb.6.27).

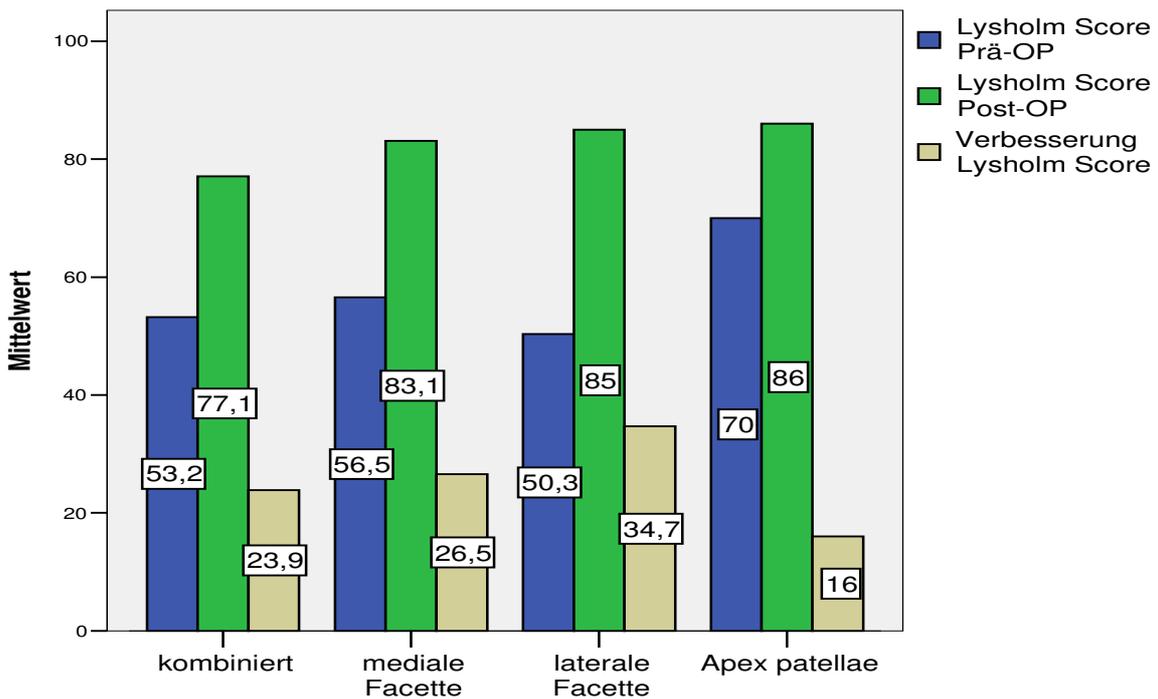


Abb. 6.27: Lysholm-Score in Abhängigkeit von der Lage der Zylinder

Im Tegner-Score zeigten Patienten, bei denen die Transplantate an der medialen Facette eingesetzt worden waren, eine Verbesserung um 1,73 Punkte, Patienten mit Transplantaten an der lateralen Facette verbesserten sich um 2,0 Punkte (Abb. 6.28). Patienten mit Transplantaten an verschiedenen Regionen der Patella steigerten den postoperativen Tegner-Score im Vergleich zum präoperativen Wert um 2,25 Punkte.

Die Werte der VAS fielen postoperativ in allen Kategorien. Patienten mit medialen Schäden bzw. Transplantaten an der medialen Facette gaben eine Abnahme der Schmerzen um durchschnittlich 3,14 Punkte an, Patienten mit Transplantaten an der lateralen Facette verspürten eine Abnahme um 3,0 Punkte im arithmetischen Mittel. In der Gruppe mit Patienten, die an verschiedenen Regionen transplantationswürdige Knorpeldefekte aufwiesen, sanken postoperativ die Schmerzen um durchschnittlich 2,62 Punkte (Abb.6.28).

Der Lysholm-Score derjenigen Patientin, die die OATS am Apex der Patella bekam, steigerte sich um 16 Punkte (Abb. 6.27), der Tegner um 2 Punkte und in der VAS Skala war eine Abnahme um 6 Punkte zu verzeichnen (Abb. 6.28).

Im Vergleich der Gruppen untereinander zeigten sich keinerlei signifikante stärkere Verbesserungen bzw. Abnahmen.

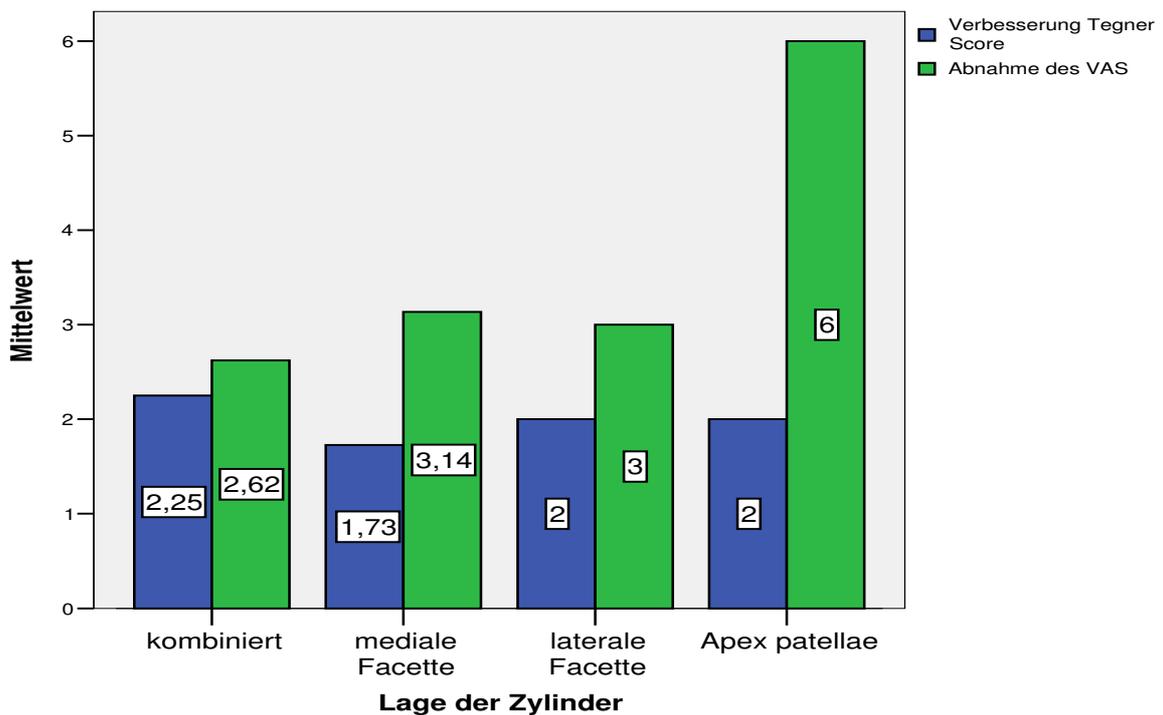


Abb. 6.28: Verbesserung des postoperativen Tegner-Score und Abnahme des postoperativen VAS in Abhängigkeit von der Lage der Zylinder

7. Diskussion

Die mangelnde Regenerationsfähigkeit des hyalinen Gelenkknorpels wurde bereits von Hunter 1743 beschrieben. Doch bis heute stellen chondrale und osteochondrale Gelenkdefekte insbesondere an der Kniescheibe ein großes therapeutisches Problem dar.

Bereits ein relativ hoher Prozentsatz der 20- bis 30-Jährigen weist Knorpelschäden an der Patella auf. Anhand von vielen klinischen und radiologischen Erhebungen konnte dies gezeigt werden (Ficat, 1974; Ficat und Hungerford, 1977). Diese Knorpelschäden sind Ursache für Schmerzen und Funktionseinschränkungen im Bereich des Kniegelenks und Wegbereiter einer Retropatellararthrose. Daher wurden in den letzten Jahren sehr viele klinische und wissenschaftliche Anstrengungen unternommen, dieses Problem einer therapeutischen Lösung zuzuführen. Ein Durchbruch in der Therapie der retropatellären chondralen und osteochondralen Läsionen wurde allerdings bisher noch nicht erreicht.

Die Methode der autologen osteochondralen Transplantation entnimmt hyalinen Knorpel aus unbelasteten Bezirken des Kniegelenkes und überträgt diesen in die Belastungszone. Sie erhebt damit den Anspruch einer biologischen Rekonstruktion.

Alternative Konzepte und deren Ergebnis

Bernstein schrieb 1999 ein wenig ironisch, der einfachste Weg patellofemorale Schmerzen, die durch körperliche Überbeanspruchung ausgelöst werden, zu beheben, sei körperliche Inaktivität. Dies ist aber natürlich als Langzeittherapie weder sinnvoll noch erstrebenswert.

Sinnvoller und als erfolgreich belegt ist für jene Patienten, die aufgrund einer lateralisierten Patella oder muskulärer Dysbalancen Beschwerden aufweisen, die Kräftigung des M. vastus medialis und des M. quadrizeps sowie die Dehnung der Streck- und Beugemuskulatur am Oberschenkel (Wilk et al., 1998). Bereits existierende chondrale bzw. osteochondrale Läsionen können dadurch allerdings nicht behoben werden.

Medikamentöse Möglichkeiten beschränken sich weitgehend auf die symptomatische Therapie. Die am häufigsten im Zusammenhang mit patellofemorale Schmerzen verschriebenen Medikamente sind die nichtsteroidalen Antirheumatika (NSAR). Hinweise, dass diese Medi-

kamente die Gewebeerstörung im Bereich des Gelenkknorpels aufhalten können, gibt es nicht (Jackson et al., 2001).

Zudem stehen der nachweisbar antiinflammatorischen und analgetischen Wirkung dieser Medikamente die bekannten Nebenwirkungen, wie gastrointestinale Blutungen und Nierenversagen gegenüber.

Seit einiger Zeit wird von der intraartikulären Injektion von Kortison abgeraten und man ist inzwischen davon auch weitgehend abgekommen. Die Auffassung, dass Kortison zu einer verbesserten Heilung führt, ist durch neuere Arbeiten widerlegt worden. Mittlerweile ist die Meinung vorherrschend, dass Kortison den Knorpelstoffwechsel stört und eine Arthropathie induziert (Mankin, 1974; Shoemakers et al., 1992).

Intraartikulär injiziert wird ebenfalls die Hyaluronsäure. Bei Hunden mit einer Chondromalazie patellae konnte gezeigt werden, dass die Gruppe, die mit Hyaluronsäure behandelt wurde, weit weniger degenerative Schäden aufwies als eine Vergleichsgruppe, die Placebo erhielt (Wenz, 1998). Ein weiteres Arthrosemodell von Iwata zeigte, dass die Hyaluronsäure sich wie eine Art Schutzhülle für chondrale Läsionen auswirken kann (Iwata, 1981). Große klinische Studien zur Wirksamkeit liegen dafür allerdings noch nicht vor.

Ebenfalls noch im Bereich der klinischen Forschung ist die intraartikuläre Injektion von Wachstumsfaktoren, wie dem transforming growth factor β 1, dem insulin-like growth factor 1 und BMP (bone morphogenetic protein). In In-vitro-Studien wurde für sie ein chondrogener Effekt nachgewiesen (Elford et al., 1992). Allerdings zeigten sich auch unerwünschte Nebenwirkungen wie Osteophytenbildungen, die von der Morphologie und der Lokalisation denen bei einer Arthrose entsprachen (Elford et al., 1992; Van Beuningen et al., 1994).

Die möglichen und durchgeführten operativen Maßnahmen bei osteochondralen Läsionen an der Patella sind sehr vielfältig und vom Therapieansatz unterschiedlich. Sie reichen vom Glätten und Spülen der Gelenkfläche über Methoden zur Stimulierung von Faserknorpel bis zu jenen Therapieansätzen, die den Defekt mit hyalinem Knorpel füllen und bedecken wollen.

Methoden wie die Lavage und das Shaving zeigen meist eine kurzfristige Besserung, stellen aber bei chondralen und osteochondralen Läsionen rein symptomatische Therapien dar. Das Fortschreiten der osteochondralen Läsionen und die Arthroseentwicklung kann dadurch nicht

gestoppt werden. Regenerationsgewebe wird nicht gebildet (Burkart und Imhoff, 2001). Ähnliches gilt für das Debridement. Kim et al. und Mitchell und Shepard zeigten, dass dadurch weder die Regeneration der Gelenkflächen noch das Fortschreiten der degenerativen Prozesse verbessert werden konnte (Kim et al., 1991; Mitchell und Shepard, 1987).

Die Bildung von Faserknorpel als Ersatz zum hyalinen Gelenkknorpel wird durch knochenmarkstimulierende Methoden wie subchondrale Penetration, Bridie-Bohrung und Abrasionarthroplastik (Vachon et al., 1989) erreicht. Diese Techniken führen zur Rekrutierung von pluripotenten mesenchymalen Zellen aus dem Knochenmark, wobei der Defekt durch Faserknorpel bedeckt wird (Kim et al., 1991). Damit kann eine kurz- bis mittelfristige Besserung der Beschwerden erreicht werden. Der längerfristige therapeutische Wert ist aufgrund des entstehenden biomechanisch minderwertigen Ersatzknorpels begrenzt (Buckwalter und Mankin, 1998).

In einer 1998 veröffentlichten Multi-Center-Studie mit 413 Patienten von Hangody et al. konnte gezeigt werden, dass unabhängig von der Lokalisation die autologe osteochondrale Transplantation mittels Mosaikplastik im Vergleich zur Pridie-Bohrung, Mikrofrakturierung und Abrasionsarthroplastik den Patienten insbesondere auf längere Sicht (3-5 Jahre) einen deutlich größeren Nutzen versprechen kann (Hangody et al., 1996).

Vorrangiges Therapieziel: Wiederherstellung durch hyalinen Knorpel

Die oben erwähnte Studie von Hangody et al. hat belegt, dass das vorrangige Therapieziel das Ersetzen der defekten Gelenkfläche mit hyalinem Knorpel ist.

Periosteale und perichondrale Transplantationen, Biomaterialien, autologe Chondrozyten-Transplantationen und autologe osteochondrale Transplantationen haben alle zum Ziel, die Defekte an den Gelenkflächen mit hyalinem oder hyalinähnlichem Knorpel wieder herzustellen.

Bisher wurden hauptsächlich die autologe osteochondrale Transplantation und die autologe Chondrozyten-Transplantation im langjährigen klinischen Einsatz an verschiedenen Gelenken erprobt. Ebenfalls klinische Daten, wenn auch im Vergleich deutlich weniger, gibt es für die perichondralen und periostealen Grafts.

Die Ergebnisse einer großen Multi-Center-Studie von Erggelet et al. (2000) mit 1051 Patienten, bei denen autologe Chondrozyten-Transplantationen am Kniegelenk durchgeführt wurden, waren in Bezug auf die Femurkondylen und die Trochlea femoris Erfolg versprechend und zeigten, dass dies bei größeren Defekten ($>4 \text{ cm}^2$) eine effiziente Methode sein kann. Die Ergebnisse an der Patella waren allerdings deutlich schlechter. Danach konnte eine mittelfristige Reduktion der Beschwerden durch die ACT an der Patella nicht erreicht werden.

Allerdings ist die Datenlage in der Literatur bezüglich der ACT an der Patella weiterhin unübersichtlich, denn Brittberg et al. (2001) erreichten mit der ACT an der Patella, an einem ähnlich großen Patientenkollektiv ($n=32$) wie bei dieser Studie, eine subjektive Zufriedenheit der Patienten von 72% bei einem Follow-Up von 2-10 Jahren. Damit verbesserten sie erste eigene Erfahrungen mit der ACT deutlich (Brittberg et al., 1994). Diese schlechten Zahlen aus der früheren Arbeit erklärten die Autoren mit damals nicht gleichzeitig durchgeführten operativen Maßnahmen zum patellären Alignment.

Horas et al. und Bentley et al. legten jeweils Studien vor, die prüften ob eine Überlegenheit bezüglich des mittel- und langfristigen Ergebnisses zwischen der autologen Chondrozyten-Transplantation und der autologen osteochondralen Transplantation am Kniegelenk besteht (Horas et al., 2003; Bentley et al., 2003).

Diese beiden Studien ergaben völlig unterschiedliche Ergebnisse. Horas et al. zeigten in ihrer Studie mit 40 jeweils für die eine oder andere Methode randomisierten Patienten, dass der postoperative Lysholm-Score sich nach 24 Monaten signifikant stärker in der Gruppe mit autologer osteochondraler Transplantation steigerte als in der Gruppe mit ACT. Bentley et al. kamen zu gegenteiligen Ergebnissen. In ihrer mit 100 Patienten angelegten Studie erhielten 42 Patienten eine Mosaikplastik und 58 Patienten eine ACT am medialen oder lateralen Kondylus bzw. der Patella. Dabei wurde eine signifikant größere Verbesserung für Patienten mit ACT am medialen Kondylus erreicht. Patienten, deren Defekte am lateralen Kondylus bzw. an der Patella lagen, zeigten für keine der Methoden einen signifikanten Unterschied in der Ausprägung der Verbesserung. Allerdings lag ein Trend zugunsten der ACT vor. Kritisch bezüglich der Ergebnisse muss angefügt werden, dass nur 5 Patienten eine Mosaikplastik an der Patella erhielten gegenüber 20 mit ACT. Zudem war das Nachsorgeschema nach Meinung von Kish und Hangody nicht angemessen für die postoperative Behandlung von Patienten mit einer Mosaikplastik (Kish und Hangody; 2004).

Ebenfalls gute erste Ergebnisse für die Behandlung von tiefen chondralen Läsionen an der Patella liegen für die periosteale Transplantation vor. Lorentzon et al. berichteten 1998, mit einem fast identischen Patientenkollektiv ($n=26$) und Follow-Up (42 Monate) wie in dieser

Studie, über gute bis sehr gute Ergebnisse für die Behandlung tiefer kartilärer Defekte der Patella mit periostealen Transplantationen.

Die größte bisher vorgelegte klinische Studie, die das Resultat bei Patienten mit Mosaikplastiken untersuchte, wurde 2003 im Journal of Bone and Joint Surgery von einem der Pioniere auf diesem Feld, dem Ungar Lazlo Hangody vorgelegt (Hangody et al., 2003).

Er untersuchte 831 Patienten postoperativ, die an verschiedenen Gelenken in einem Zeitraum von 1992 bis 2002 eine oder mehrere (bis zu 6) Mosaikplastiken erhielten. 118 der Patienten erhielten Transplantationen am patellofemorale Gelenk, wobei aus den Daten nicht exakt hervorgeht, in wie vielen Fällen die Patella betroffen war. Die übrigen betroffenen Gelenkflächen waren 597-mal die Femurkondylen, 76-mal der Talus, 25-mal Tibiakondylen, 6-mal der Femurkopf und in 3 Fällen der Humeruskopf.

Die Methoden der Nachuntersuchung von Hangody entsprachen in weiten Teilen den Methoden der hier vorliegenden Studie. So verwendete er als standardisierte klinische Scores den Lysholm-Score und das modifizierte Hospital for Special Surgery Scoring System. Die Beschwerden an der Spender-Region wurden mit dem Bandi Score System evaluiert.

Kritische Bewertung der Ergebnisse dieser Studie

Ziel der vorliegenden Studie war es, speziell die autologe osteochondrale Transplantation als Therapie bei retropatellären Knorpelschäden zu analysieren. Denn trotz der von Hangody vorgelegten Studie war die bisherige Studienlage bezüglich der autologen osteochondralen Transplantation an der Patella sehr unsicher. Denn Hangody et al. betrachtete die Patienten mit retropatellär eingesetzten Knochen-Knorpel-Zylindern nicht getrennt von jenen, welche im Bereich des femoralen Gleitlagers operiert worden waren. So liegt bisher keine Studie dieses Ausmaßes für die OATS an der Patella vor.

Des Weiteren konzentrierte sich die hier vorliegende Studie auf die Frage, welchen Einfluss begleitende operative Maßnahmen zum patellären Alignment haben, welche Rolle das Alter der Patienten, die Größe und Lokalisation des Defekts und die Zahl der eingebrachten Zylinder für die Indikation spielen.

Als entscheidende Kriterien für den Erfolg der operativen Intervention wurde die Reduktion der Schmerzen betrachtet sowie die Verbesserung der Funktionalität und des allgemeinen Aktivitätsgrades. Deshalb wurden als standardisierte Scores der Lysholm-Score zur Beurtei-

lung der Funktionalität, der Tegner-Score zur Beurteilung der Aktivität und die VAS zur Feststellung des Schmerzniveaus am operierten Kniegelenk gewählt.

Die Zufriedenheit mit der durchgeführten Operation war beim Patientenkollektiv dieser Studie mit 83,3% hoch. Alle Patienten würden sich bei der gleichen Ausgangssituation erneut operieren lassen. Damit lag die Zufriedenheit um 11,3% höher als in der Studie aus dem Jahr 2001 von Brittberg et al., in der Patienten mit ACT nachuntersucht wurden. Die Zufriedenheit des Patientenkollektives hier in dieser Studie spiegelt sich auch in den Ergebnissen der angewandten Scores wider. Die präoperativen Schmerzen konnten hoch signifikant gesenkt werden. Der VAS sank im Durchschnitt um 50,7%.

Ebenfalls hoch signifikant steigerte sich der Lysholm-Score. Er verbesserte sich um 47,4%. Damit konnte die Funktionalität des Kniegelenks nachhaltig verbessert werden. Dies drückt sich auch in der Analyse des Aktivitätsscores nach Tegner aus. Dieser wuchs um 58% hoch signifikant an. 83% der Patienten waren mit dem postoperativen Ergebnis zufrieden. Damit konnten ähnliche Werte von Hangody für das Patellofemoralgelenk sogar leicht übertroffen werden.

Die absoluten prä- wie postoperativen Werte des Lysholm-Scores waren insgesamt deutlich niedriger. So konnten in dieser Studie postoperativ nur 54,2% (n=13) einen guten bis sehr guten Punktwert im Lysholm-Score erreichen. 20,8% (n=5) wurden als mäßig, 25% (n=6) sogar weiterhin als schlecht eingestuft. In der Vergleichsstudie von Bentley et al. (2003), die die Mosaikplastik mit der ACT an verschiedenen Gelenken verglich, berichteten die Autoren für die ACT an der Patella in 25% (n=5) ein sehr gutes Ergebnis, in 60% (n=12) ein gutes und in 15% (n=3) ein mäßiges Ergebnis bezogen auf einen modifizierten Cincinatti-Score. Ein schlechtes Ergebnis wurde für die Patienten, die eine ACT an der Patella erhalten hatten, nicht ausgewiesen. Im Vergleich hierzu waren die fünf dort einbezogenen Patienten, die eine Mosaikplastik erhielten, in 60% (n=3) der Fälle als gut und in 40% (n=2) als schlecht eingestuft worden (Bentley et al., 2003). Im Gegensatz zur hier vorliegenden Studie war allerdings die durchschnittlich behandelte Größe des Defektes mit 4,4 cm² zu 1,93cm² deutlich größer. Die präoperative Einstufung der Patienten wurde in der Studie von Bentley et al. allerdings nicht angegeben, so dass ein exakter Vergleich zum Kollektiv, das in der hier vorliegenden Arbeit betrachtet wurde, nicht möglich war.

Eine Studie (Attmanspacher et al, 2000), die ein ähnliches wenn auch kleineres Kollektiv mit OATS am medialen Femurkondylus nachuntersuchte, wies für die Patienten deutlich bessere

präoperative Lysholm-Werte auf. Es wurden 18,7% als gut und 75% als mäßig und nur 6,3% als schlecht eingestuft. Im Vergleich dazu wurden Patienten der hier vorliegenden Studie in 62,5% der Fälle als schlecht, in 20,8% als mäßig und in 16,7 % als gut eingestuft. Daher muss man kritisch hinterfragen, ob die Einstufung in der hier vorliegenden Studie zu streng angesetzt wurde.

Bisherige Arbeiten zeigten, dass die Größe des Defektes und die Anzahl der eingesetzten Zylinder einen entscheidenden Einfluss auf das Ergebnis haben (Bentley et al., 2003; Hangody et al., 2003). Diese Beobachtung konnte durch die vorliegende Studie bestätigt werden. Bei Patienten, denen ein oder zwei Zylinder eingesetzt wurden, konnten große Verbesserungen in den einzelnen Scores erreicht werden, bei Patienten der Gruppe mit 3 oder mehr eingesetzten Zylindern konnte zwar ebenfalls in allen Scores eine Verbesserung festgestellt werden, allerdings bei weitem nicht so ausgeprägt. Diese Unterschiede in den Verbesserungen waren bei dem Tegner-Score für bis zu 2 sowie für 3 und mehr eingesetzte Zylinder trotz der kleinen Fallzahl signifikant. Die stärkere Abnahme auf der VAS-Skala zwischen einem und 3 und mehr Zylindern war ebenfalls signifikant.

Damit konnte belegt werden, dass die Transplantation von osteochondralen Zylindern an der Patella insbesondere bei Patienten, deren Schädigung begrenzt auf wenige kleinere Herde ist, als Therapiekonzept angewendet werden sollte. Gründe dafür liegen in der Donor Site Morbidität, die mit der Anzahl und Größe der entnommenen Knorpel-Knochen Zylinder ansteigt, und in der durch die größere Anzahl von Zylindern schwieriger herzustellenden Oberflächenkongruenz. Nach theoretischen und praktischen Überlegungen ist die optimale Größe des Defektes zwischen 1 cm² und 4 cm². Gewöhnlich kann aus den beiden patellofemorale Kondylen Material für Defekte von jeweils 3-4 cm² entnommen werden (Hangody et al., 2003). Des Weiteren ist die präzise Einbringung der Zylinder wichtig, um die Knochenstanzgen genau orthograd einzubringen. Zudem sollte die Länge der Zylinder exakt der Tiefe des vorbereiteten Transplantatbettes entsprechen. Ansonsten kommt es zu einem unphysiologischen Anpressdruck oder bei zu tiefer Einbringung zu keiner Teilnahme an der Druckverteilung (Agneskirchner et al., 2001).

Da nur bei 8 der 24 operierten Kniegelenke eine „reine“ Patella-OATS ohne korrigierende Maßnahmen zum patellären Alignment durchgeführt worden war, stellte sich die Frage, ob bei den anderen Patienten mit weiteren therapeutischen Maßnahmen diese für den Erfolg der Operation maßgeblich beigetragen haben. Dies kann man nach der Auswertung der Scores eher verneinen. Patienten mit alleiniger Patella-OATS zeigten in den beiden angewand-

ten Scores und der Schmerzskala ähnlich hohe Verbesserungen wie Patienten, bei denen zusätzlich eine Anteromedialisierung der Tuberositas Tibae kombiniert mit einem proximalen Realignment durchgeführt worden war. Alle anderen Gruppen zeigten weniger ausgeprägte Verbesserungen.

In der Verbesserung des VAS und des Tegner-Scores erzielten Patienten ohne weitere korrigierende Maßnahmen im Vergleich zu den anderen Gruppen die höchsten Werte. Bei Patienten jedoch mit zusätzlich durchgeführter Anteromedialisierung der Tuberositas Tibiae kombiniert mit einem proximalen Realignment wurde im Vergleich der Lysholm-Scores eine noch größere Verbesserung festgestellt. Diese Unterschiede waren allerdings nicht signifikant.

Die Zahlen bestätigen, dass bei Patienten mit einer Lateralisation bzw. einem lateralen Hyperkompressionssyndrom der Patella eine Anteromedialisierung der Tuberositas tibiae oder ein so genanntes distales Realignment von wichtiger Bedeutung ist. Dadurch kann eine Neuausrichtung der Druckverteilung erreicht werden. Die laterale und distale Facette wird aus dem Hauptbelastungsgebiet herausgebracht. Die Wirksamkeit dieser Maßnahme bei richtiger Indikationsstellung ist belegt (Muneta et al., 1994).

Gleiches gilt für das mediale Realignment. Dieses sollte zusätzlich zu den OATS bei Patienten mit einem insuffizienten medialen Kniescheibenhalteband, häufig nach einer Luxation, Anwendung finden. Wichtig ist, darauf zu achten, keine Überkorrektur vorzunehmen und bei Patienten mit medialen Läsionen eine extrem enge Indikationsstellung einzuhalten. Sonst können postoperativ die Beschwerden weiter bestehen (Sallay et al., 1996).

Auffallend war, dass Patienten, die neben der reinen Patella-OATS ein Lateral Release erhielten, weit weniger von der Operation profitierten als alle anderen. Dabei war die Verbesserung im Tegner-Score und die Reduktion der Schmerzen bei Patienten mit nur Patella-OATS im Vergleich zu jenen mit zusätzlichem Lateral Release signifikant größer, obwohl nur sehr kleine Kollektive verglichen werden konnten. Auch im Vergleich des Tegner-Scores war eine klare Tendenz zugunsten der reinen Patella-OATS zu erkennen.

Diese Zahlen bestätigen somit Studien, die sich kritisch gegenüber dem Lateral Release zeigen und nur eine sehr eingeschränkte Indikationsstellung vorschlagen (Ford und Post; 1999, Fulkerson et al., 1987). Denn bei unsachgemäßer Durchführung oder Überkorrektur kann sich durch ein Lateral Release eine mediale Subluxationsneigung entwickeln, die zu erneuten Beschwerden führen kann.

Ein weiteres Kriterium zur Beurteilung des operativen Erfolgs war in der hier vorliegenden Studie die Abhängigkeit vom Follow-Up. Dieses erfolgte im Durchschnitt nach 30,7 Monaten.

Um eine mögliche Abhängigkeit zwischen dem Nachuntersuchungszeitraum und den Score-Ergebnissen feststellen zu können, wurden 4 Gruppen gebildet. In der Gruppe mit Follow-Up nach 12 oder weniger Monaten waren 5 Patienten, in der Gruppe mit Follow-Up nach 13 bis 24 Monaten 6 Patienten, Follow-Up nach 25-36 Monaten hatten 6 Patienten und nach mehr als 36 Monaten 7 Patienten.

Dabei zeigten Patienten mit kürzerem Follow-Up die ausgeprägtesten Erfolge. In den Gruppen mit Follow-Up nach 13 und mehr Monaten waren die Verbesserungen ebenfalls deutlich, so dass eine anhaltende Verbesserung der Beschwerden durch die Operation erreicht wurde. Nach einem leichten initialen Rückgang der Verbesserung in der Gruppe mit Follow-up nach 13 und mehr Monaten blieben die Verbesserungen jedoch auf etwa demselben Niveau. Dies zeigt zum einen, dass die Patienten sich sehr schnell wieder vom Eingriff erholen, und zum anderen, dass trotz der etwas weniger stark ausgeprägten Verbesserung bei Gruppen mit späterem Follow-Up, die Feststellung von Hangody unterstrichen wird, nach der die Transplantation autologer Knochen-Knorpel-Zylinder zu einem lang anhaltenden guten Ergebnis führt. Sehr positiv zu beurteilen ist zudem der Trend, dass bei Follow-Ups nach mehr als 3 Jahren keine weitere Verschlechterung des Operationserfolgs eintrat. Daher kann von einem lang anhaltenden Therapieerfolg ausgegangen werden. Dies müsste allerdings in Langzeitstudien mit größeren Patientenzahlen bestätigt werden.

Eine weitere Annahme von Hangody et al. (2003) und Imhoff et al. (1999) ist, dass eher jüngere Patienten von dieser Operation profitieren, weshalb sie eine Indikationseinschränkung für Patienten, die älter als 50 Jahre sind, vorschlagen. Diese Annahme bestätigt sich mit den Daten der hier vorliegenden Studie nicht. Die vier Patienten, die über 45 Jahre alt waren, zeigten hervorragende Verbesserungen. Sie erzielten bei einem Follow-Up nach 41 Monaten in allen untersuchten Scores sehr gute Werte. Am geringsten fielen die Verbesserungen in der Gruppe der 30- bis 45-Jährigen aus, wobei die Abweichungen nicht signifikant waren. Somit ist ein höheres Alter nach den Daten dieser Studie keine relative Kontraindikation für eine Patella-OATS, wobei die kleinen Fallzahlen eine sichere Aussage nicht zulassen und weitere Studien dazu benötigt werden.

Eine weitere interessante Frage bezüglich der Indikationsstellung für eine OATS an der Patella ergibt sich aus biomechanischen Überlegungen, wonach die patellären Regionen im Verlauf der Beugung unterschiedlich stark belastet werden (Goodfellow et al., 1976; Townsend und Radin, 1977; Matthews et al., 1976).

Daher wurde untersucht, ob die postoperativen Ergebnisse abhängig sind von der Lokalisation des Knorpelschadens. In dem Kollektiv dieser Studie waren isolierte Defekte an der lateralen Facette selten. Es gab nur 3 Fälle. Überwiegend war die mediale Facette betroffen oder die Defekte waren kombiniert und betrafen verschiedene Regionen der Patella von der lateralen Facette über den First bis hin zur medialen Facette.

Die Unterschiede im postoperativen Ergebnis waren allerdings marginal und nicht signifikant. Am geringsten fielen die Verbesserungen bei kombinierten Defekten aus, was allerdings aufgrund des damit meist größeren chondralen oder osteochondralen Defektes einleuchtend ist. Somit lässt sich aus den Daten schließen, dass die OATS an der Patella unabhängig von der Lokalisation des retropatellären Schadens einen Nutzen für den Patienten verspricht.

Hangody et al. (2003) berichteten in ihren Ergebnissen über kaum auftretende Morbidität an der Entnahmestelle, während Imhoff et al. (1999) in ca. 25% der Fälle vorübergehende, retropatelläre Schmerzen verzeichneten.

Da postoperativ vorhandene retropatelläre Beschwerden in dem vorliegenden Kollektiv u.a. auch durch die Implantation der Zylinder an der Patella ausgelöst werden können und daher schwer der Donor-Site anzulasten sind, wurden als Maßstab für die Beurteilung der Donor-Site die klinischen Tests auf Druckschmerz im Bereich der Entnahmestelle angenommen. Einen Druckschmerz über der Entnahmestelle gaben 5 Patienten an. Somit zeigte sich in dem Kollektiv, dass die Morbidität an der Donor-Site nicht zu vernachlässigen ist und mit der Anzahl der entnommenen Zylinder korreliert. 44% der Patienten, denen 3 oder mehr Zylinder entnommen wurden, gaben danach einen Schmerz an der Donor-Site an, während nur 6% der Patienten, denen bis zu zwei Zylinder entnommen wurden, Schmerzen anzeigten.

Die MRT-Befunde zeigten, dass in 83,4 % (n=15) der Patienten die Zylinder exakt kongruent oder mit nur geringer Inkongruenz zur umgebenden Gelenkfläche eingebracht waren. 16,6% (n=3) der Patienten wiesen eine deutliche Inkongruenz der Knochen-Knorpel-Zylinder zur Umgebung auf. Der Knorpel der Zylinder zeigte in 44,4% (n=8) der Befunde einen Oberflächendefekt, in 33,3% (n=6) eine Signalalteration und in 22,2% (n=4) einen nicht pathologischen Befund. Ein kompletter Knorpelverlust war in keinem Fall zu sehen. Der subchondrale Knochen der Transplantate wies in 38,9% (n=7) keine Veränderungen auf, bei 22,4% (n=4) der Patienten wurde ein Knochenödem festgestellt. In 38,9% (n=7) der Patienten wurden Zysten nachgewiesen.

In der Umgebung des Transplantats bzw. der Transplantate wurde 1-mal (5,6%) ein Knorpelverlust, 6-mal (33,3%) ein Oberflächendefekt, 5-mal (27,8%) eine Signalalteration und 6-mal (33,3%) ein normaler Befund des Knorpels festgestellt. Der subchondrale Knochen war in 83,3% unauffällig (n=3), in 16,7% (n=3) zeigte er ein Ödem.

Der Knorpel des femoralen Gleitlagers zeigte in 61,1% (n=11) keine Auffälligkeiten, in 11,1% (n=2) lag eine Signalalteration des Knorpels, in 22,2% (n=4) wurde ein Oberflächenverlust des Knorpels des femoralen Gleitlagers festgestellt. 1-mal (5,6%) wurde ein Knorpelverlust des femoralen Gleitlagers befundet.

In 2 Fällen (11,1%) lag ein deutlicher Gelenkerguss vor. 16-mal (88,9%) wurde kein oder ein diskreter Gelenkerguss im MRT gesehen.

Die radiologische Befundung sowohl des Knorpels als auch des subchondralen Knochens der Transplantate korrelieren in der hier vorliegenden Studie signifikant ($p > 0,05$) mit den Verbesserungen im Tegner-Score. Alle übrigen radiologischen Befunde zeigten keinen Zusammenhang mit den klinischen Scores.

Die Beschaffenheit der transplantierten Zylinder im MRT könnte damit Rückschlüsse auf das Ausmaß der postoperativen Beschwerden erlauben. Aufgrund der kleinen Patientenzahl in der hier beschriebenen MRT-Studie muss diese Aussage allerdings kritisch hinterfragt werden.

Vergleiche bezüglich der oben erwähnten MRT-Ergebnisse und der daraus gezogenen Schlüsse können allerdings auch zur Studie von Link et al. (2004) gemacht werden. Dort wurden 55 Patienten mit OATS am Knie (n=45) bzw. am Sprunggelenk (n=10) bis zu 3 Jahre nach der Operation mit MRTs nachkontrolliert. Unter den 55 Patienten, die von Link et al. ausschließlich mit MRT untersucht wurden, waren auch die meisten der Patienten, die in der hier vorliegenden Studie mit all den hier beschriebenen sonstigen Nachuntersuchungen kontrolliert wurden. Die MRTs bei Link et al. zeigten, dass in bis zu 50% aller Fälle ein Knochenödem im Zylinder oder der Umgebung vorlag und dass damit diese als Normalbefund zu werten ist. Geringe Inkongruenzen zwischen dem Knorpel des Zylinders und der Umgebung treten ebenso gelegentlich auf und sind als normal einzustufen. Eine Korrelation zwischen den MRT-Befunden und dem Ausmaß der Beschwerden fanden die Autoren nicht. Ähnliche Ergebnisse zeigten Sanders et al. (2001).

Zusammenfassend kann aus der vorliegenden Studie Folgendes abgeleitet werden:

- Die Anzahl der Zylinder, mit einem Optimum von 1-3 Zylindern, und die Größe des Defekts (kleiner 4 cm²) bestimmen das Ergebnis für die Patienten ganz wesentlich. Dies liegt an der mit steigender Anzahl der Zylinder zunehmenden Donor-Site-Morbidität sowie an der mit größerer Anzahl der Zylinder schwerer herzustellenden Kongruenz der Gelenkfläche. Für größere Defekte (ab 4 cm²) ist möglicherweise die ACT als Erfolg versprechender anzusehen.
- Die Indikation für eine OATS kann unabhängig von der Lokalisation des retropatellären Knorpeldefekts gestellt werden.
- Die durchschnittlich guten bis sehr guten Behandlungserfolge waren unabhängig vom Nachuntersuchungszeitpunkt.
- Das Alter der Patienten spielt bezüglich der Indikation nur eine sehr untergeordnete Rolle. Auch Patienten über 35-40 Jahre haben einen großen Nutzen von dieser Therapie.
- Bezüglich der Abhängigkeit des Behandlungserfolges vom Nachuntersuchungszeitpunkt bleibt festzuhalten, dass ein durchgängig guter bis sehr guter Behandlungserfolg erreicht wurde. Die geringen Unterschiede zwischen den Ergebnissen aus den zeitlich unterschiedlichen Nachuntersuchungen ließen keine Rückschlüsse auf entsprechende Tendenz.
- Zusätzliche begleitende Maßnahmen zur Verbesserung des patellären Alignment sind sinnvoll. Allerdings sollte auf eine sorgfältige Indikationsstellung geachtet werden, dies gilt insbesondere für ein alleiniges, zusätzlich durchgeführtes (passt vom Sinn her nicht zusammen, siehe schon Korrektur in der Zusammenfassung) Lateral Release.

- Die OATS-Zylinder stellten sich in der MRT-Untersuchung weitgehend kongruent zur Oberfläche und ohne wesentlichen Knorpelverlust integriert dar. Ödeme im subchondralen Knochen und geringe Knorpelveränderungen in den transplantierten Zylindern und deren Umgebung waren nicht unübliche Befund im MRT, die als Begleiterscheinungen aus der Literatur durchaus bekannt und üblich sind. Zudem kann man eventuell aus der Beschaffenheit der transplantierten Zylinder im MRT Rückschlüsse auf das Ausmaß der postoperativen Beschwerden ziehen.

Die autologe osteochondrale Transplantation ist mittelfristig ein sehr erfolgversprechendes Therapiekonzept für chondrale und osteochondrale Defekte an der Patella. Vergleiche zu Ergebnissen aus der Literatur lassen den Schluss zu, dass die autologe osteochondrale Transplantation gegenüber alternativen Methoden, wie z.B. faserknorpelbildenden Therapien (z.B. Pridie-Bohrung, Abrasionsarthroplastik), Vorteile bietet. Es gibt Hinweise auf mögliche Vorteile gegenüber der ACT für begrenzte retropatelläre Defekte bis 4 cm².

Zur Etablierung der autologen osteochondralen Transplantation in der Therapie retropatellärer Knorpeldefekte müssen allerdings Langzeitergebnisse und große, randomisierte Vergleichsstudien abgewartet werden.

8. Zusammenfassung

Retropatelläre Knorpelschäden sind eine große therapeutische Herausforderung für jeden Orthopäden und Unfallchirurgen. Sie haben aufgrund der eingeschränkten Regenerationsfähigkeit des hyalinen Knorpels eine schlechte Heilungstendenz und können Ursache des patellofemorales Schmerzsyndroms sein. Unbehandelt sind sie Wegbereiter einer Retropatellararthrose.

Eine vielversprechende neue Methode zur Behandlung ist die autologe Knochen-Knorpel-Transplantation. Dabei wird hyaliner Knorpel aus unbelasteten Bezirken des Kniegelenkes in die Belastungszone übertragen. Diese Therapie hat bereits gute Ergebnisse in der Behandlung von Knorpelschäden an Femurkondylen erbracht. (Hangody et al.,2003; Bobic, 1996). Aufgrund fehlender Behandlungsdaten war der Stellenwert der autologen osteochondralen Transplantation (OATS) an der Patella bisher noch nicht entsprechend bestimmbar.

In der Abteilung für Sportorthopädie der Technischen Universität München wurden zwischen April 1997 und März 2002 29 Patienten mit osteochondralen Defekten an der Patella einer autologen Knochen-Knorpel Transplantation unterzogen. Bei 24 der 29 Patienten (82,8%), welche zwischen 21 und 62 Jahren (im Durchschnitt 36,1 Jahre) alt waren, konnte 4 bis 64 Monate (im Durchschnitt 30,7 Monate) nach der Behandlung eine detaillierte klinische und kernspintomographische Nachuntersuchung erfolgen. Damit handelte es sich hier um eines der größten bisher vorgestellten Patientenkollektive. Zudem wurden prä- und postoperativer Lysholm- bzw. Tegner-Score sowie das Schmerzniveau nach der VAS-Skala eingestuft.

Die Größe der behandelten Gelenkflächenläsionen betrug im Durchschnitt 1,93 cm² (0,64-3,35 cm²), der Durchmesser der einzelnen transplantierten Zylinder 1,04 cm (0,8 -1,1 cm). An der Patella wurden durchschnittlich 2,2 Zylinder (1-4) übertragen.

Als Donorsite diente 19-mal der laterale Femurkondylus und 6-mal der mediale Femurkondylus.

Bei 16 Patienten (66,7%) wurden zusätzliche Eingriffe zum patellären Alignment durchgeführt: 6-mal (25%) eine Anteromedialisierung der Tuberositas Tibiae verbunden mit einem proximalen Realignment, 5-mal (20,8%) nur ein proximales Realignment, 4-mal (16,7%) ein Lateral Release und 1-mal (4,2%) eine Mediale Raffung verbunden mit einem proximalen Realignment.

Zusammenfassend lassen sich aus den Ergebnissen dieser Studie folgende Schlüsse ziehen:

Die autologe osteochondrale Transplantation ist ein mittelfristig sehr Erfolg versprechendes Therapiekonzept für chondrale und osteochondrale Defekte an der Patella. Vergleiche zu Ergebnissen aus der Literatur lassen den Schluss zu, dass die autologe osteochondrale Transplantation gegenüber alternativen Methoden, wie faserknorpelbildenden Therapien (z.B. Pridie-Bohrung und Abrasionsarthroplastik), überlegen ist. Außerdem gibt es Hinweise, dass die Methode auch gegenüber der autologen Chondrozyten Transplantation für begrenzte retropatelläre Defekte bis 4 cm² Vorteile hat.

Die Anzahl der Zylinder (optimal 1-3) und die Größe des Defekts (kleiner 4 cm²) bestimmen den Erfolg dieses Verfahrens mit. Dies liegt daran, dass bei der Entnahme von entsprechend vielen und großen Transplantaten an der Donor-Site die Morbidität zunimmt und auch die Kongruenz zur Gelenkfläche schwerer herzustellen ist. Für größere Defekte (ab 4 cm²) ist möglicherweise die ACT als erfolgreicher anzusehen.

Die Indikation für eine OATS kann unabhängig von der Lokalisation des retropatellären Knorpeldefekts gestellt werden.

Das Alter der Patienten spielt bezüglich der Indikation nur eine sehr untergeordnete Rolle. Auch Patienten über 35-40 Jahre haben einen großen Nutzen von dieser Therapie.

Die durchschnittlich guten bis sehr guten Behandlungserfolge waren unabhängig vom Nachuntersuchungszeitpunkt.

Zusätzliche begleitende Maßnahmen zur Verbesserung des patellären Alignment sind sinnvoll. Allerdings sollte auf eine sorgfältige Indikationsstellung geachtet werden. Dies gilt insbesondere für ein zusätzlich durchgeführtes Lateral Release.

In der MRT-Untersuchung zeigten sich die OATS-Zylinder weitgehend kongruent zur Oberfläche und ohne wesentlichen Knorpelverlust integriert, wobei man auch festhalten sollte, dass die hier beobachteten Ödeme im subchondralen Knochen und geringen Knorpelveränderungen in den transplantierten Zylindern und deren Umgebung in diesem Ausmaß als Begleiterscheinungen aus der Literatur durchaus bekannt und üblich sind. Zudem kann man eventuell aus Beschaffenheit der transplantierten Zylinder im MRT Rückschlüsse auf das Ausmaß der postoperativen Beschwerden ziehen.

Zur Etablierung dieser Methoden in der Therapie retropatellärer Knorpeldefekte müssen allerdings Langzeitergebnisse und große, randomisierte Vergleichsstudien abgewartet werden.

9. Referenzen

- (1) Ahmed AM, Burke DI, Hyder A
Force analysis of the patellar mechanism.
J Orthop Res 5: 69-85, 1987
- (2) Aglietti P, Insall JN, Cerulli G
Patellar pain and incongruence I: Measurements of incongruence.
Clin Orthop 176:317-224, 1983
- (3) Agneskirchner JD, Schöttle, PhB, Imhoff AB
Transplantation osteochondraler Zylinder an verschiedenen Gelenken
Unfallchirurg 104(9): 798-807, 2001
- (4) Aleman O
Chondromalacia post-traumatica patellae.
Acta Chir Scand 63: 149-190, 1928
- (5) Attmanspacher W, Dittrich V, Stedtfeld HW
Erfahrungen in der arthroskopischen Therapie von chondralen und osteochondralen
Defekten am Kniegelenk mit dem OATS
Zentralbl Chir 125 : 494-499, 2000
- (6) Bauer M, Jackson RW
Chondral lesions of the femoral condyles: a system of arthroscopic classification.
Arthroscopy 4(2): 97-102, 1988
- (7) Baumgaertner MR, Cannon WD Jr, Vittori JM, Schmidt ES, Maurer RC.
Arthroscopic debridement of the arthritic knee
Clin Orthop 253: 197-202, 1990
- (8) Benninghoff, Drenckmann
Anatomie, Band 1
Urban und Fischer, 16. Auflage , 366-367, 2002

- (9) Bentley G, Biant LC, Carrington RWJ, Akmal M, Goldberg A, Williams AM, Skinner JA., Pringle J
A prospective, randomised comparison of autologous chondrocyte implantation versus mosaikplasty for the osteochondral defects in the knee
J Bone Joint Surg 85-B, No.2: 223-230, March 2003
- (10) Bernstein J
Patellar Disorders
Journal of Clinical Rheumatology 5, 2: 91- April 1999
- (11) Blauth W, Schuchardt E
Orthopädische Operationen am Knie
Thieme, Stuttgart New York, S 9-11, 1986
- (12) Bobic V
Arthroscopic osteochondrale Transplantation in anterior cruciate ligament reconstruction: a preliminary clinical study.
Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 3(4): 262-264, 1996
- (13) Brittberg M, Lindahl A, Nilsson A, Ohlsson C, Isaksson O, Peterson L
Treatment of deep cartilage defects in the knee with autologous chondrocyte transplantation.
N Engl J Med 331: 889-95, 1994
- (14) Brittberg M, Tallheden T, Sjögren-Jansson E; Lindahl A, Peterson L
Autologous Chondrocytes Used for the Articular Cartilage Repair
Clin Orthop 319: 337-348; 2001
- (15) Bruns J
Osteochondrosis dissecans
Orthopade 26(6): 573-84 Jun 1997

- (16) Bruns J, Steinhagen J
Transplantation chondrogener Gewebe zur Behandlung von Gelenkknorpeldefekten.
Orthopäde 28: 52-60, 1999
- (17) Bruns J, Lussenhop S, Lehmann J
Patellar osteochondrosis dissecans-results of surgical therapy
Z Orthop Ihre Grenzgeb. Jan-Feb 134(1): 7-10.1996
- (18) Buckwalter JA, Mankin HJ
Articular cartilage Part I; Tissue design and chondrocyte-matrix interaction.
Instr Course Lect 47: 477-86; 1998
- (19) Buckwalter JA, Mankin HJ
Articular cartilage. Part II; Degeneration and osteoarthritis, repair, regeneration, and transplantation.
Instr Course Lect 47: 487-504; 1998 Review
- (20) Buckwalter JA, Mankin HJ
Articular cartilage repair and transplantation
Arthritis Rheum 41: 1331-42; 1998
- (21) Buckwalter JA, Rosenberg LC
Electron microscopic studies of cartilage proteoglykans. Direct evidence for the variable length of the chondroitin sulfate- rich region of proteoglycan subunit core protein.
J Biol Chem 257: 9830-9839 ,1982
- (22) Buckwalter JA, Rosenberg LC, Coutts R, Furukawa T, Eyre DR, Koide S, Glimcher MJ
Biomechanical studies on the repair cartilage resurfacing experimental defects in the rabbit knee.
J Bone Joint Surg 62A : 79-89,1980

- (23) Burkart A, Imhoff AB
Therapiemöglichkeiten des Knorpelschadens – Eine Übersicht
Unfallchirurg 104(9): 797, 2001
- (24) Convery FR, Akeson WH, Keown GH
The repair of the large osteochondral defects.
An experimental study in horses
Clin Orthop 82: 253-262, 1972
- (25) Cox JS
Evaluation of the Roux-Elmslie-Trillat procedure for knee extensor realignment.
Am J Sports Med 10: 303 –310,1982
- (26) Denham RA, Bishop RED
Mechanics of the knee and problems in reconstructive surgery.
J Bone Joint Surg 60B: 345-351,1978
- (27) Disler DG, Recht MP, McCarty TR
MR imaging of articular cartilage
Skeletal Radiol 29 : 367-377, 2000
- (28) Dye SF
The pathophysiology of patellofemoral pain.
Presented at the 48th annual National American Trainers Association Meeting,
Salt Lake City, UT, June 19, 1997
- (29) Elford PR, Graeber M, Ohtsu H, Aeberhard M, Legendre B, Wishart WL,
Mac Kenzie AR
Induction of swelling, synovial hyperplasia and cartilage proteoglycan loss upon
intraarticular injection of transforming growth factor beta-2 in the rabbit.
Cytokine 4: 232-238, May 1992

- (30) Erggelet CH, Browne JE, Fu F, Mandelbaum BR, Micheli LJ, Mosely JB
Die autologe Chondrozyten-Transplantation zur Behandlung von Knorpeldefekten des Kniegelenkes, Klinische Ergebnisse
Zentralblatt Chir 125: 516-522, 2000
- (31) Ficat RP, Hungerford DS
Disorders of the Patellofemoral Joint,
Baltimore, MD : Williams and Wilkins, 1977
- (32) Ficat P, Ficat C, Bailleux A
Syndrome d'hyperpression externe de la rotule (SHPE). Son interet pour la connaissance de l'arthrosc.
Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot 61: 39 –59,1975
- (33) Ficat RP, Philippe J, Hungerford DS
Chondromalacia Patellae: A system of classification
Clini Orthop 144: ,55-62, 1979
- (34) Fithian DC, Meier SW
The case for advancement and repair of the medial patellofemoral ligament in patients with recurrent patellar instability.
Oper Tech Sports Med 7: 81 –89,1999
- (35) Ford DH, Post WR
Open or arthroscopic lateral release. Indications, techniques, and rehabilitation.
Clin Sports Med 16: 29 –49,1997
- (36) Frank LR, Wong EC, Luh W, Ahn J M, Resnick D
Articular Cartilage in the Knee: Mapping of the Physiologic Parameters at MR Imaging with a Local Gradient Coil—Preliminary Results
Radiology 210: 241-246, 1999

- (37) Fulkerson JP
Awareness of the retinaculum in evaluating patellofemoral pain.
Am J Sports Med 10: 147 –149,1982
- (38) Fulkerson JP
The etiology of patellofemoral pain in young, active patients: A prospective study.
Clin Orthop 179: 129 –133,1983
- (39) Fulkerson JP
Patellofemoral pain disorders: Evaluation and management.
J Am Acad Orthop Surg 2: 124 –132,1994
- (40) Fulkerson JP
Disorders of the patellofemoral Joint (3rd Ed),
Baltimore, MD : Williams and Wilkins ,1997
- (41) Fulkerson JP
Diagnosis and Treatment of Patients with Patellofemoral Pain
Am J Sports Med 30: 447-456,2002
- (42) Fulkerson JP et Hungerford DS
Disorders of the Patellofemoral Joint (2nd ED),
Baltimore, MD: Williams and Wilkins, 1990
- (43) Fulkerson JP, Kalenak A, Rosenberg TD, Cox JS
Patellofemoral pain.
Instru Course Lect 41: 57-71, 1992
- (44) Fulkerson JP und Schutzer SF
After failure of conservative treatment of painful patellofemoral malalignment:
Lateral release or realignment?
Orthop Clin North Am 17(2): 283-288,1986

- (45) Fulkerson JP, Schutzer SF, Ramsby GR, Bernstein RA
Computerized tomography of the patellofemoral joint before and after lateral release or realignment.
Arthroscopy 3: 19 –24,1987
- (46) Galea AM, Albers JM
Patellofemoral pain beyond empirical diagnosis.
Phys Sportsmed 22: 48–58, 1994
- (47) Goodfellow J, Hungerford DS, Zindel M
Patello-femoral mechanics and pathology. I: Functional anatomy of the patello-femoral joint.
J Bone Joint Surg 58B: 287-290, 1976
- (48) Grelsamer RP
Classification of patellofemoral disorders.
Am J Knee Surg 10(2): 96-100,1997
- (49) Grelsamer RP, Klein J
Biomechanics of the Patellofemoral Joint
JOSPT No.5: 289-298, Nov 1998
- (50) Grood ES, Suntay WJ, Noyes FR, Butler DL
Biomechanics of the knee-extension exercise.
J Bone Joint Surg 66A : 725-734,1984
- (51) Guhl JF
Arthroscopic treatment of osteochondritis dissecans
Clin Orthop 167: 65-74,1982

- (52) Hangody L, Kish G, Karpati Z
Arthroscopic autogenous osteochondral mosaicplasty- multicentric, comparative, prospective study
Index Traumat Sport 5: 3-9, 1998
- (53) Hangody L, Karpati Z, Szerb I, Eberhard R
Autologous osteochondral mosaic like graft technique for replacing weight bearing cartilage defects.
7th Congress of the ESSKA, Budapest, Hungary, Abstract, 1996
- (54) Hangody L, Kish G, Karpati Z, Udvarhelyi I, Szigeti I, Bely M.
Mosaicplasty for the treatment of articular cartilage defects: Application in clinical practice.
Orthopedics 21: 751-758, 1998
- (55) Hawkins RJ, Bell RH, Anisette G
Acute patellar dislocation. The natural history.
Am J Sports Med 14 (2): 117-120, 1986
- (56) Heegaard J, Leyvraz PF, van Kampen A, Rakotomanana L, Rubin PJ

Patellar stability as a function of joint anatomy.
J Bone Joint Surg 75B(Suppl): 140, 1993 (abstract)
- (57) Homminga GN, Bulstra SK, Bouwmeester PSM
Perichondral grafting for cartilage lesions of the knee
J Bone Joint Surg (Br) 72 : 1003-1007, 1990
- (58) Horas U, Pelinkovic D, Herr G, Aigner T, Schnettler R
Autologous chondrocyte Implantation and Osteochondral Cylinder Transplantation in cartilage repair of the knee Joint
J Bone Joint Surg 85A : 185-192, 2003

- (59) Horwitz T
Recurrent or habitual dislocation of the patella.
J Bone Joint Surg 19A: 1027-1031, 1937
- (60) Hughston JC
Subluxation of the patella.
J Bone Joint Surg 50A(5): 1003-1026, 1968
- (61) Hunziker EB, Rosenberg LC
Repair of partial-thickness defects in articular cartilage: cell recruitment from the synovial membrane.
J Bone Joint Surg 78A: 721 1996
- (62) Imhoff AB, Öttl G
Arthroscopic and open techniques for transplantation of osteochondral autografts and allografts in various joints.
Surg Technol Int.;VIII: 249-252, 2000
- (63) Imhoff AB, Minotti O, Schreiber A
15-Jahres-Resultate nach konservativer und operativer Behandlung der Osteochondrosis dissecans am Knie
Arthroskopie 5: 10-18, 1992
- (64) Imhoff AB, Öttl GM, Burkart A, Traub S
Osteochondrale Autograft-Transplantation an verschiedenen Gelenken.
Orthopäde 28 (1): 33-44, 1999
- (65) Imhoff A, Raeder F
Operationsatlas Sportorthopädie – Sporttraumatologie
Elsevier Urban und Fischer; S. 116-121, 2004
- (66) Insall J
Current concepts review : Patella pain.
J Bone Joint Surg 64A(1) :147-152, 1982

- (67) Insall J
Chondromalacia patellae, Patellar malalignment syndrome.
Orthop Clin North Am 10 (1): 117-127, 1979
- (68) Iwata H
Pharmacologic and clinical aspects of intraarticular injection of hyaluronate.
Clin Orthop 289: 285-291, 1993
- (69) Johnson LL
Arthroscopic abrasion arthroplasty historical and pathologic perspective.
Arthroscopy 2:54-69, 1986
- (70) Kaufer H
Mechanical function of the patella.
J Bone Joint Surg 53A: 1551-1560, 1971
- (71) Kelly MA, Griffin FM
Proximal realignment of the patellofemoral joint.
Tech Orthop 12: 178 –184,1997
- (72) Kim HKW, Moran M, Salter RB
The potential for regeneration of articular cartilage in defects created by chondral shaving and subchondral abrasion.
An experimental investigation in rabbits.
J Bone Joint Surg 73A: 1301-1315,1991
- (73) Kish G, Hangody L
A prospective, randomised comparison of autologous chondrocyte implantation versus mosaicplasty for osteochondral defects in the knee.
J Bone Joint Surg Br. May;86(4): 619; author reply 619-20, 2004

- (74) Knutsson, F
Über die Röntgenologie des Femoropatellargelenkes sowie eine gute Projektion für das Kniegelenk.
Acta radiol 22: 371-376, 1941
- (75) Kolowich PA, Paulos LE, Rosenberg TD, Farnsworth S
Lateral release of the patella: Indications and contraindications.
Am J Sports Med 18: 359 –365, 1990
- (76) Kwak SD, Colman WW, Ateshian GA, Grelsamer RP, Henry JH, Blankevoort L, Ateshian GA, Mow VC
Anatomy of the human patellofemoral jointarticular cartilage:A surface curvature analysis.
J Orthop Res 15: 468-472, 1997
- (77) Lang J, Wachsmuth W,
Praktische Anatomie
Springer Verlag, 1. Ausgabe 4. Teil: 255-260, 1972
- (78) Lorentzon R, Alfredson H, Hildingson C
Treatment of deep cartilage defects of the patella with periosteal transplantation
Knee Surg Sports Traumatol 6: 202:208,1998
- (79) Lyshom J, Gillquist J
Evaluation of knee ligament surgery results with special emphasis on use of a scoring scale
AM J Sports Med 10: 150,1982
- (80) Macnab I
Recurrent dislocation of the patella
J Bone Joint Surg Am 34 A (4): 957-67, Oct 1952

- (81) Malghem J, Maldague B
Le profil du genou. Anatomie radiologique differentielle des surfaces articulaires.
J Radiol 67: 725 –735,1986
- (82) Mankin HJ
The reaction of articular cartilage to mechanical injury and osteocharthritis (2nd part)
N Engl J Med 291: 1335-1340, Dec 1974
- (83) Matsusue Y, Yamamuro T, Hama H
Arthroscopic multiple osteochondral transplantation to the chondral defect in the knee
associated with anterior cruciate ligament disruption.
Arthroscopy 9(3): 318-21, 1993
- (84) Mariani PP, Caruso I
An electromyographic investigation of subluxation of the patella.
J Bone Joint Surg 61 B(2): 169-171, 1979
- (85) Matthews LS, Sonstegard DA, Henke JA.
Load bearing characteristics of the Patellofemoral Joint
Acta orthop scand 48 : 511, 1977
- (86) Meachim G, Roberts C
Repair of the joint surface from subarticular tissue in the rabbit knee.
J Anat 109: 317-327, 1971
- (87) Merchant AC
Classifikation of patellofemoral disorders.
Arthroscopy 4(4): 235-240, 1988
- (88) Merchant AC, Mercer RL, Jacobsen RH, Cool CR
Radiographic analysis of patellofemoral congruence.
J Bone Joint Surg 56A: 1391 –1396,1974

- (89) Mitchell N, Shepard N
The resurfacing of adult rabbit articular cartilage by multiple perforations through the subchondral bone.
J Bone Joint Surg 75A :532-553,1976
- (90) Mitchell N, Shepard N
Effect of patellar shaving in the rabbit
J Orthop Res 5:388-392, 1987
- (91) Mow VC, Ateshian GA, Ratcliffe A
Anatomic form and biomechanical properties of articular cartilage of the knee joint:
In: Finerman GAM, Noyes FR (eds), biology and Biomechanics of the Traumatized Synovial Joint: The Knee as A Model, pp 101-130. Rosemont, IL: Academy of Orthopaedics Surgeons, 1992
- (92) Muneta T, Yamamoto H, Ishibashi T, Asahina S, Furuya K
Computerized tomographic analysis of tibial tubercle position in the painful female patellofemoral joint.
Am J Sports Med 22: 67 –71, 1994
- (93) Nelson DW, Dipaola J, Colville M, Schmidgall J
Osteochondritis dissecans of the talus and knee: Prospective comparison of MR and arthroscopic classifications
J Comput Assist Tomogr 14: 804-808, 1990
- (94) O`Driscoll SW, Keeley FW, Salter RB
Durability of regenerated articular cartilage produced by free autogenous periosteal grafts in major full-thickness defects in joint surfaces under the influence of continuous passive motion
J Bone Joint Surg (Am) 70 : 595-606, 1988
- (95) Outerbridge, RE
The etiology of the chondromalacia patellae.
Journal of Bone and Joint Surgery 43-B: 752-757 ,1961

- (96) Post WR
Clinical evaluation of patients with patellofemoral disorders [current concepts].
Arthroscopy 15: 841 –851, 1999
- (97) Post WR, Fulkerson JP
Distal realignment of the patellofemoral joint: Indications, effects, results, and recommendations.
Orthop Clin North Am 23: 631 –643, 1992
- (98) Pridie KH
A method of resurfacing osteoarthritic knee joints
J Bone Joint Surg (BR)41 : 618-419, 1959
- (99) Sallay PI, Poggi J, Speer KP, Garrett WE
Acute dislocation of the patella: A correlative pathoanatomic study.
Am J Sports Med 24: 52 –60, 1996
- (100) Sanders TG, Mentzer KD, Miller MD, Morrison WB, Campbell SA, Penroad BJ
Autogenous osteochondral plug transfer for the treatment of focal chondral defects :postoperative MR appearance with clinical correlation.
Skeletal Radiol 30 : 570-578, 2001
- (101) Shapiro F, Koide S, Glimcher MJ
Cell origin and differentiation in the repair of the full-thickness defects of articular cartilage.
J Bone Joint Surg 75A : 532-553, 1993
- (102) Shelton GL
Conservative management of patellofemoral dysfunction.
Primary Care 19: 331–349, 1992

- (103) Shoemaker RS, Bertone AL, Martin GS, McIlwraith CW, Roberts ED ; Pechman R, Kearney MT
Effects of intra-articular administration of methyl-prednisolone acetate on normal articular cartilage and on healing of experimentally induced osteochondral defects in horses.
Am J Vet Res 53 : 1446-1453, 1992
- (104) Steadman JR, Rodkey WG, Briggs K
Die Technik der Mikrofrakturierung zur Behandlung von kompletten Knorpeldefekten im Kniegelenk.
Orthopäde 28 : 26-33, 1999
- (105) Tegner Y, Lysholm J
Rating Systems in the Evaluation of the Knee Ligament Injuries
Clin Orthop 198: 43-49, 1985
- (106) Tiberio D
The effect of excessive subtalar joint pronation on patellofemoral mechanics:
A theoretical model.
J Orthop Sports Phys Ther 9: 160 –165, 1987
- (107) Townaend P, Radin E
The Biomechanics of human Patella.
Biomechanics 10: 403, 1977
- (108) Tratting S, Mlynarik V, Huber M, Ba-Ssalamalik A, Puig S, Imhoff H
Magnetic resonance imaging of articular cartilage and evaluation of cartilage disease
Invest Radiol 35: 595-601, 2000
- (109) Vachon AM, McIlwraith CW, Trotter GW, Norrdin RW, Powers BE
Neochondrogenesis in free intra-articular, periosteal, and perichondrial autografts in horses.
Am J Vet Res 50: 1787-1794, 1989

- (110) Van Beuningen HM, van der Kraan PM, Arntz OJ, van der Berg WB
Transforming growth factor-beta 1 stimulates articular chondrocyte proteoglycan synthesis and induces osteophyte formation in the murine joint
Lab Invest 71: 279-290, 1994
- (111) Wagner H
Operative Behandlung der Osteochondrosis dissecans des Kniegelenkes.
Z Orthopädie: 62-64, 1964
- (112) Waldschmidt JG, Rilling RJ, Kajdascy-Bulla AA, Boynton MD, Erickson SJ
In vitro an in vivo MR imagin of hyaluric cartilage zonal anatomy imaging pitfalls and pathologic conditions.
Radio-Graphics 17: 1387-1402, 1997
- (113) Wenz W, Graf J, Brocai DR, Breusch SJ, Mittnacht M, Thomas O, Niethard FU
Effectiveness of intra-articular application of hyaluronic acid on early forms of femoropatellar arthrosis--an experimental study in dogs
Z Orthop Ihre Grenzgeb 136(4): 298-303, Jul-Aug 1998
- (114) Wiberg G
Roentgenographic and anatomic studies on the femeropatellar joint. With speziell reference to chondromalacia patellae.
Acta orthop scand 12: 319-410, 1941
- (115) Wilk K, Davies G, Mangine R, Malone T
Petellofemoral Disorders: A Classifikation System and Clinical Guidelines for Nonoperative Rehabilitation
JOSPT Vol 28 No. 5: 307-321, Nov 1998
- (116) Woertler K, Buerger H, Moeller J, Rummeny EJ
Patellar Articular Cartilage Lesions: In Vitro MR Imaging Evaluation after Placement in Gadopentetate Dimeglumine Solution
Radiology 230: 768-773, 2004

LYSHOLM SCORE / KNIE

Sportorthopädie München

Patient **N.N.**

Datum: 6 Wc
 3 Mt
 6 Mt
 12 Mt

Betroffenes Knie rechts/links
 Dominante Knie rechts/links

Hinken

	0	3	12
kein	5	5	5
leicht / zeitweise	3	3	3
deutlich / immer	0	0	0

Gehstützen

	0	3	12
keine	5	5	5
Gehstütze	2	2	2
nicht belastbar	0	0	0

Schwellung

	0	3	12
keine	10	10	10
n. bes. Aktiv.	6	6	6
n. norm. Aktiv.	2	2	2
immer	0	0	0

Blockaden

	0	3	12
keine	15	15	15
Pseudoblockade	10	10	10
einzelne	6	6	6
häufige	2	2	2
blockiert.	0	0	0

Treppensteigen

	0	3	12
ohne Probleme	10	10	10
geringe Probleme	6	6	6
nur schrittweise	2	2	2
nicht möglich	0	0	0

Hackensitz

	0	3	12
ohne Probleme	5	5	5
geringe Probleme	4	4	4
nicht mehr als 90° unter Belastung	2	2	2
nicht möglich	0	0	0

Instabilität

	0	3	12
kein Inst.-Gefühl	25	25	25
selten, b. Anstreng.	20	20	20
öfters, b. Anstreng. kann nicht teilnehm.	15	15	15
selten, b. gewöhnl. Belastung	10	10	10
öfters, b. gewöhnl. Belastung	5	5	5
immer, bei jedem Schritt	0	0	0

Schmerzen

	0	3	12
keine	25	25	25
leichte, gelegentl.	20	20	20
bei und nach Kraft- anstreng. immer	15	15	15
nach Gehen > 2km	10	10	10
nach Gehen < 2km	5	5	5
immer, bei jedem Schritt	0	0	0

Aktivitätsgrad

Hochleistungssport	<input type="checkbox"/>
Leistungssport	<input type="checkbox"/>
Sportlich	<input checked="" type="checkbox"/>
ohne Sport	<input type="checkbox"/>
niedrig	<input type="checkbox"/>

Summe:
(Lysholm - score)

0 6Wo 3 Monate 6 Monate 12 Monate

<input type="checkbox"/>				
--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

Abb. A2: Lysholm Score - Erfassungsblatt

N.N.

Aktivitätsscore n. Tegner

0	Arbeitsunfähigkeit oder Invaldität wegen Sprunggelenksprobleme	
I	Arbeit	Sitzende Tätigkeit Spaziergehen auf ebenem Grund möglich
II	Arbeit	Leichte Arbeit Spaziergehen auf unebenem Grund möglich, aber möglich im Wald
III	Arbeit Leistungs- und Hobbysport	Leichte Arbeit (Pflege) Hobbysport: Schwimmen Gehen im Wald möglich
IV	Arbeit Hobby-Sport	Mäßig schwere Arbeit (z.B. Kraftfahrer, schwere Hausarbeit) Radfahren Ski-Langlauf Jogging auf ebenem Grund, mind 2x wöchentlich
V	Arbeit Leistungssport Hobby-Sport	Schwere Arbeit (z.B. Maurer, Waldarbeiter) Radfahren Ski-Langlauf Jogging auf unebenem Grund, mind 2x wöchentlich
VI	Hobby-Sport	Tennis und Badminton Handball Basketball Ski Abfahrt Jogging, mind. 5x wöchentlich
VII	Leistungssport Hobby-Sport	Tennis Leichtathletik (Laufen) Motorcross, Speedway Handball Basketball Fußball Hockey und Eishockey Squash Leichtathletik (Sprung usw.) Querfeldein sowohl Hobby als auch Wettkampf
VIII	Leistungssport	Hockey Squash oder Badminton Leichtathletik (Springen usw.) Ski Abfahrt
IX	Leistungssport	Fußball- Amateurliga Eishockey Ringern Turnen
X	Leistungssport	

Abb. A3: Tegner Score Erfassungsblatt

Patient: N.N.

1. Transplantat

- 1.1. Kongruenz
 - 1.1.1. optimal
 - 1.1.2. ~~geringe Inkongruenz~~
 - 1.1.3. deutliche Inkongruenz
- 1

- 1.2. Knorpel
 - 1.2.1. normal
 - 1.2.2. signalverändert
 - 1.2.3. Oberflächendefekt
 - 1.2.4. Knorpelverlust
- 3

- 1.3. subchondraler Knochen
 - 1.3.1. normal
 - 1.3.2. Ödem
 - 1.3.3. Zystenbildung
 - 1.3.4. Signalverlust
- 3

2. Umgebung

- 2.1. Knorpel
 - 2.1.1. normal
 - 2.1.2. signalalteriert
 - 2.1.3. Oberflächendefekt
 - 2.1.4. Knorpelverlust
- 3

- 3.1. subchondraler Knochen
 - 3.1.1. normal
 - 3.1.2. Ödem
 - 3.1.3. Zystenbildung
 - 3.1.4. Signalverlust
- 3

3. Gleitlager

- 3.1. Knorpel
 - 3.1.1. normal
 - 3.1.2. signalalteriert
 - 3.1.3. Oberflächendefekt
 - 3.1.4. Knorpelverlust
- 3

4. Gelenkerguss

- 4.1. keiner
 - 4.2. gering
 - 4.3. deutlich
- 1

17

Abb. A4: Gesamtscore MRT nach Dr. Wörthler -Erfassungsblatt

Für die ständige Unterstützung und Förderung dieser Arbeit möchten ich mich ganz besonders bei Herrn PD Dr. V. Martinek und bei Herrn PH Dr. K. Wörtler bedanken.

Der Dank gilt auch den Schwestern und Pflegern der Ambulanz der Sportorthopädischen Abteilung der TU München für ihre kollegiale Hilfe bei der Untersuchung der Patienten und bei der Erfassung der Daten.

Des weiteren möchte ich mich bedanken bei Fr. Hollweck vom Institut für medizinische Statistik und Epidemiologie für ihren fachlichen Rat.

Lebenslauf

Persönliche Daten

Name	Bökeler
Vorname	Ulf Wilhelm
Geburtsdatum	24. August 1977
Geburtsort	Stuttgart
Familienstand	ledig, keine Kinder
Eltern	Birgit Bökeler, geb. Dobbratz, Oberlehrerin Professor Dr.-Ing. Karl Heinz Bökeler , Bauingenieur
Geschwister	Dr. Maja Müller-Bökeler, geboren 1974, Zahnärztin
Anschrift	Saarlandstr. 6 70567 Stuttgart

Schulbildung

1984-1988	Grundschule Möhringen, Stuttgart
1988-1997	Königin Charlotte Gymnasium, Stuttgart Abschluss Abitur, Note 1,9

Zivildienst

1997-1998	Evangelische Gemeinde Sonnenberg, Stuttgart
-----------	---

Studium

WS 1998/99	University of Rhode Island Kingston, RI USA
SS 1999 bis WS 2001/2002	Universität Tübingen, Medizin 6. April 2001 Ärztliche Vorprüfung, Note: gut 11. April 2002 Erster Abschnitt der Ärztlichen Prüfung, Note: gut
ab SS 2002 bis 25. April 2005	TU München 15. April 2004 Zweiter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung Note: schriftlich gut, mündlich sehr gut 25. April 2005: Dritter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung Note: sehr gut Ärztliche Prüfung mit Gesamtnote: sehr gut

Famulatur

September 2001	Kreiskrankenhaus Ruit Chirurgie Professor Dr. Wenzel
Februar 2003	Marienhospital Stuttgart Gynäkologie Professor Dr. Herschlein

März 2003 Praxis für ambulantes Operieren
Dr. Stolz, Rosenheim

September 2003 Krankenhaus München-Schwabing
Innere Medizin Professor Dr. Eberhard Standl

Praktisches Jahr

April-August 2004 Klinikum Rechts der Isar, Orthopädie Professor Dr. Gradinger

August-Oktober 2004 Buenos Aires, Allgemeinchirurgie Hopital Rivadavia

Oktober-Dezember 2004 New York, New York University Medical Center Transplant Surgery,
Cardiothoracic Surgery

Dezember 2004-März 2005 Universitätsspital Basel, Innere Medizin

Approbation 06. Mai 2005

Praktische Tätigkeit

Seit August 2005: Assistenzarzt in der Klinik für Allgemein- und
Visceralchirurgie, Marienhospital Stuttgart
Ärztlicher Direktor: Prof. Dr. Dr. h.c. R. Bittner

Sport

Eiskunstlauf:
Deutsche Meisterklasse 1995-2004, beste Platzierung:
5. Platz Deutsche Meisterschaft 2001, Baden-Württembergischer
Meister 2002
Tennis:
bester Ranglistenplatz: Deutsche Rangliste Herren 484 (1999),
Oberliga Herren 2000