

**Aus dem Lehrstuhl für Unfallchirurgie  
der Fakultät für Medizin  
der Universität Regensburg  
Prof. Dr. Dr. Volker Alt**

**Analyse aktueller Nachbehandlungskonzepte  
nach operativer Versorgung  
des Kniegelenkes**

Inauguraldissertation  
zur Erlangung des Doktorgrades  
der Medizin

der  
Fakultät für Medizin  
der Universität Regensburg  
vorgelegt von

**Clemens Wolfgang Kilian Memmel**

2020



**Aus dem Lehrstuhl für Unfallchirurgie  
der Fakultät für Medizin  
der Universität Regensburg  
Prof. Dr. Dr. Volker Alt**

**Analyse aktueller Nachbehandlungskonzepte  
nach operativer Versorgung  
des Kniegelenkes**

Inauguraldissertation  
zur Erlangung des Doktorgrades  
der Medizin

der  
Fakultät für Medizin  
der Universität Regensburg  
vorgelegt von

**Clemens Wolfgang Kilian Memmel**

2020

Dekan

Prof. Dr. Dirk Hellwig

1. Berichterstatter

PD Dr. med. Werner Krutsch

2. Berichterstatter

PD Dr. med. Clemens Baier

Tag der mündlichen Prüfung:

19. Februar 2020

# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Abstract</b>	<b>4</b>
<b>2. Einleitung</b>	<b>7</b>
2.1. Knie-Operation - und dann? . . . . .	7
2.2. Der therapeutische und wissenschaftliche Nutzen einer Nachbehandlungsrichtlinie . . . . .	8
2.3. Phasen der Nachbehandlung am Kniegelenk . . . . .	9
2.4. Komponenten der Nachbehandlung am Kniegelenk . . . . .	10
2.4.1. Belastung . . . . .	10
2.4.2. Bewegungsausmaß . . . . .	11
2.4.3. Orthesenversorgung . . . . .	12
2.4.4. Behandlung mit aktiver und passiver Bewegungsschiene . . . . .	12
2.4.5. Reha- und Sportartspezifisches Training . . . . .	13
2.5. Aktuelle Studienlage zur Nachbehandlung nach kniechirurgischen Eingriffen . . . . .	14
2.6. Fragestellung . . . . .	14
<b>3. Material und Methoden</b>	<b>16</b>
3.1. Studiendesign . . . . .	16
3.2. Systematik der analysierten Nachbehandlungsrichtlinien . . . . .	16
3.3. Module der Nachbehandlung . . . . .	18
3.3.1. Belastung . . . . .	18
3.3.2. Bewegungsausmaß . . . . .	19
3.3.3. Orthesenversorgung . . . . .	21
3.3.4. Behandlung mit aktiver und passiver Bewegungsschiene . . . . .	21
3.3.5. Reha- und Sportartspezifisches Training . . . . .	22
3.4. Thematische Gruppierung der Nachbehandlungsrichtlinien . . . . .	23
3.5. Erfassung der Daten . . . . .	24
3.6. Statistische Methoden . . . . .	25
<b>4. Ergebnisse</b>	<b>27</b>
4.1. Epidemiologische Verteilung der Behandlungsrichtlinien . . . . .	27
4.2. Nachbehandlung nach knorpelchirurgischen Eingriffen . . . . .	28
4.2.1. Untersuchte Behandlungsrichtlinien . . . . .	29
4.2.2. Belastung . . . . .	30

4.2.3.	Bewegungsausmaß . . . . .	31
4.2.4.	Orthesenversorgung . . . . .	33
4.2.5.	Behandlung mit aktiver und passiver Bewegungsschiene . . . .	34
4.2.6.	Reha- und Sportartspezifisches Training . . . . .	36
4.3.	Nachbehandlung nach Vorderer und Hinterer Kreuzbandplastik . . . .	38
4.3.1.	Untersuchte Behandlungsrichtlinien . . . . .	38
4.3.2.	Belastung . . . . .	39
4.3.3.	Bewegungsausmaß . . . . .	42
4.3.4.	Orthesenversorgung . . . . .	45
4.3.5.	Behandlung mit aktiver und passiver Bewegungsschiene . . . .	49
4.3.6.	Reha- und Sportartspezifisches Training . . . . .	51
4.4.	Nachbehandlung nach operativer Versorgung der Menisken . . . . .	54
4.4.1.	Untersuchte Behandlungsrichtlinien . . . . .	54
4.4.2.	Belastung . . . . .	54
4.4.3.	Bewegungsausmaß . . . . .	56
4.4.4.	Orthesenversorgung . . . . .	57
4.4.5.	Behandlung mit aktiver und passiver Bewegungsschiene . . . .	59
4.4.6.	Reha- und Sportartspezifisches Training . . . . .	60
4.5.	Nachbehandlung nach operativer und konservativer Versorgung des patellofemorales Gelenkes nach Patellaluxation . . . . .	62
4.5.1.	Untersuchte Behandlungsrichtlinien . . . . .	62
4.5.2.	Belastung . . . . .	63
4.5.3.	Bewegungsausmaß . . . . .	64
4.5.4.	Orthesenversorgung . . . . .	66
4.5.5.	Behandlung mit aktiver und passiver Bewegungsschiene . . . .	67
4.5.6.	Reha- und Sportartspezifisches Training . . . . .	68
4.6.	Nachbehandlung nach endoprothetischen Eingriffen am Kniegelenk . .	70
4.6.1.	Untersuchte Behandlungsrichtlinien . . . . .	70
4.6.2.	Belastung . . . . .	70
4.6.3.	Bewegungsausmaß . . . . .	71
4.6.4.	Orthesenversorgung . . . . .	72
4.6.5.	Behandlung mit aktiver und passiver Bewegungsschiene . . . .	73
4.6.6.	Reha- und Sportartspezifisches Training . . . . .	74
<b>5.</b>	<b>Diskussion</b>	<b>76</b>
5.1.	Nachbehandlung nach knorpelchirurgischen Eingriffen . . . . .	76
5.1.1.	Mikrofrakturierung . . . . .	76
5.1.2.	Autologe Chondrozyten-Transplantation . . . . .	78
5.1.3.	Osteochondrale Transplantation . . . . .	80
5.1.4.	Retropatellare Knorpeltherapie . . . . .	80
5.1.5.	Hohe Tibiale Umstellungsosteotomie . . . . .	82
5.2.	Nachbehandlung nach Vorderer und Hinterer Kreuzbandplastik . . . .	84
5.2.1.	Unterschiede in der Rehabilitation nach VKB-Plastik abhängig von der Transplantat-Wahl . . . . .	84

5.2.2.	Vordere Kreuzbandplastik mit Begleitverletzungen . . . . .	89
5.2.3.	Hintere Kreuzbandplastik . . . . .	90
5.3.	Nachbehandlung nach operativer Versorgung der Menisken . . . . .	95
5.3.1.	Meniskusrefixation . . . . .	95
5.3.2.	Meniskusresektion . . . . .	97
5.3.3.	Meniskusimplantation/CMI . . . . .	99
5.4.	Nachbehandlung nach operativer und konservativer Versorgung des patellofemorale Gelenkes . . . . .	102
5.4.1.	MPFL-Rekonstruktion . . . . .	102
5.4.2.	Konservative Therapie bei patellarer Instabilität . . . . .	104
5.5.	Nachbehandlung nach endoprothetischen Eingriffen am Kniegelenk . .	108
<b>6.</b>	<b>Limitierungen der Untersuchung</b>	<b>111</b>
<b>7.</b>	<b>Fazit</b>	<b>112</b>
<b>A.</b>	<b>Literatur</b>	<b>114</b>
<b>B.</b>	<b>Abkürzungsverzeichnis</b>	<b>131</b>
<b>C.</b>	<b>Danksagung</b>	<b>133</b>

# 1. Abstract

## Zusammenfassung

### *Einleitung*

Das Kniegelenk ist das am häufigsten operativ versorgte Gelenk. Der Nachbehandlung derartiger Eingriffe kommt eine besondere Bedeutung zu, da sie den operativen Erfolg sichert und die schrittweise Rückführung zu voller Funktionalität gewährleistet.

### *Methodik*

Um den aktuellen Stand der Rehabilitation nach operativer Versorgung des Kniegelenkes abzubilden, wurden Nachbehandlungsrichtlinien von 120 orthopädisch-unfallchirurgischen Institutionen untersucht. Die Module Gewichtsbelastung, Bewegungsausmaß, Orthesenversorgung, Bewegungsschienen-Therapie sowie Reha- und Sportartspezifisches Training wurden innerhalb der Hauptgruppen Knorpel-, Kreuzband-, Meniskus-, Patellachirurgie und Endoprothetik einander gegenübergestellt und mit den Empfehlungen der aktuellen Literatur verglichen.

### *Ergebnisse*

Trotz Etablierung knorpelchirurgischer Operationstechniken zeigt sich eine hohe Variabilität in der Nachbehandlung. Der größte Konsens besteht in Hinblick auf die Empfehlungen zur Abstufung der Gewichtsbelastung.

Nach operativer Versorgung von Kreuzbandverletzungen sind für die weitere Nachbehandlung v. a. die Begleitverletzungen wie Innenband- oder Meniskusverletzungen von Bedeutung, die einer prolongierten und speziellen Nachbehandlung bedürfen. Standardisierte Nachbehandlungsprotokolle sind nach derartigen Eingriffen jedoch nicht etabliert.

Die Rehabilitation nach Meniskusrefixation variiert ebenso stark. Es sind v. a. bei der Gewichtsbelastung und dem Bewegungsausmaß Unterschiede sowohl innerhalb



## 1. Abstract

der untersuchten Richtlinien als auch im Vergleich mit der aktuellen Literatur festzustellen.

Zur Nachbehandlung nach MPFL-Rekonstruktion kann gezeigt werden, dass sie ebenfalls einer hohen Variabilität unterliegt. Ein Konsens ist in keinem Modul der Nachbehandlung auszumachen. Demgegenüber ist ein standardisiertes Vorgehen nach konservativer Therapie des instabilen Patellofemoralgelenkes etabliert.

Nach endoprothetischen Eingriffen wird aktuell ein standardisiertes evidenzbasiertes Vorgehen empfohlen. Unterschiede in der Nachbehandlung von Totalendoprothese im Vergleich zu einer Hemi-Prothese ergibt die Untersuchung nicht.

### *Fazit*

Insgesamt zeigt diese Studie, dass nach operativer Versorgung des Kniegelenkes nicht nach einem standardisierten Protokoll nachbehandelt wird. Jedoch gibt es bezüglich der Heterogenität der Empfehlungen große Unterschiede zwischen den Hauptgruppen der Kniechirurgie. Es sind für die Module der Rehabilitation, v. a. für Rehaspezifisches und Sportartspezifisches Training hinsichtlich der Art und des optimalen Zeitpunktes des Trainings, weitere Untersuchungen zur Etablierung einer standardisierten Rehabilitation nötig, um in Zukunft die bestmögliche, evidenzbasierte Nachbehandlung zu gewährleisten.

## Summary

### *Introduction*

Surgical therapy of the knee joint is the most common procedure in trauma surgery and orthopaedics. Rehabilitation has a deep impact on the outcome because it does not only guarantee the success of the surgery but also leads to complete recovery of the functionality of the knee joint.

### *Methods*

To picture the status of rehabilitation after surgical treatment of the knee joint, rehabilitation protocols of 120 departments of trauma surgery and/or orthopaedics were researched. The modules of weight bearing, range of motion, orthosis therapy, continuous motion therapy and rehab/sport specific training were investigated and compared within the main groups of cartilage, ACL and PCL, meniscal, patellar and endoprosthesis surgery. The findings are also presented in comparison with those found in current literature.

## 1. Abstract

### *Results*

Despite the establishment of cartilage repair techniques there is a wide range of divergent postoperative rehabilitation protocols. The broadest consensus is reached on the increase of weight bearing after such techniques.

Concerning ACL replacement, the results show that the rehabilitation period depends to a large extent on concomitant lesions, like tears of the meniscus or the collateral ligament. However, there is no agreement on standardized protocols.

There are various methods of rehabilitation after meniscal repair. Especially weight bearing and range of motion are not released in a standardized way. In comparison with current literature, there are few common methods of rehabilitation.

After MPFL reconstruction, there is no consent on how to proceed during the rehabilitation period. In contrast, the conservative treatment of the instable patellofemoral joint is subject to a nearly standardized protocol.

Endoprosthesis surgery is a widely-used procedure, and therefore the results indicate a mostly standardized protocol for the rehabilitation. Differences in how to rehabilitate after total knee replacement or unicompartmental replacement could not be found.

### *Conclusion*

All in all, the results show a wide range of different methods of rehabilitation after surgical techniques of knee surgery. There is no evidence-based standard rehabilitation protocol. However, there are major differences within the main groups of knee surgery concerning the heterogeneity of the recommendations. Further investigation is needed to identify an optimal and evidence-based rehabilitation after knee surgery, especially for the accurate beginning and type of rehab training and specific training.

## 2. Einleitung

### 2.1. Knie-Operation - und dann?

Bei jedem Schritt wirken auf das Kniegelenk Kontaktkräfte, die nach Komistek et al. (2005) [62] und Taylor et al. (2004) [122] einem Vielfachen des eigenen Körpergewichts entsprechen. Diese Tatsache fordert vom Kniegelenk Mechanismen, die es einerseits in der Sagittal-, Transversal- und Frontalebene stabilisieren, dem Gelenk andererseits jedoch eine große Beweglichkeit erlauben. Das Gewicht wird dabei großflächig und gleichmäßig auf die inkongruenten Gelenkflächen von Femur und Tibia verteilt. Das Gelenk ermöglicht eine effiziente Bewegung, die nur wenig Energie durch Reibung verliert.

Diese Mechanismen werden von mehreren Strukturen des Kniegelenkes übernommen: Die Stabilisierung erfolgt größtenteils durch die Gelenkkapsel, die Kollateral- und Kreuzbänder und das das Gelenk umgebende muskuloskeletale Organ. Nach Krause et al. (1976) [64] und Walker et al. (1975) [131] gewährleisten die Menisken eine Vergrößerung der artikulierenden Gelenkfläche und verringern somit die Druckbelastung. Außerdem absorbieren die Menisken selbst Energie und verringern damit die Belastung auf den hyalinen Knorpel des tibiofemorales Gelenkes. Des Weiteren sorgt der hyaline Gelenkknorpel, der die Femurkondylen, das Tibiaplateau und die dorsale Patella inklusive patellarem Gleitlager überzieht, für eine effiziente Bewegung durch einen möglichst hohen Wirkungsgrad [110].

Durch die hohe Beanspruchung des Kniegelenkes sind Verletzungen und chronisch-degenerative Erkrankungen, u. a. des Gelenkknorpels, sehr häufig, wie Hjelle et al. (2002) [53] und Widuchowski et al. (2007) [134] zeigen. Laut dem Institut für angewandte Qualitätsförderung und Forschung im Gesundheitswesen (AQUA) werden in Deutschland jährlich mehr als 400.000 Arthroscopien am Kniegelenk ambulant oder stationär durchgeführt [2].

## 2. Einleitung

Moderne OP-Techniken garantieren heutzutage eine sichere Reparatur der vorhandenen Schäden. Labraca et al. (2011) [68] zeigen am Beispiel von Patienten mit kürzlich eingesetzter Knie-Totalendoprothese, dass aber der Art und Weise der Nachbehandlung eine essentielle Rolle für das Outcome zukommt.

Neben dem medizinischen Benefit einer erfolgreichen Nachbehandlung für den Patienten gewinnt auch der wirtschaftliche Aspekt immer mehr an Bedeutung. Guerra et al. (2015) [38] stellen einen positiven Zusammenhang zwischen früher Mobilisierung von Patienten nach Einsetzen einer Knie- oder Hüft-Prothesen und einem verkürzten Krankenhausaufenthalt fest. Das wiederum verkürzt nicht nur das Fernbleiben des Patienten von der Arbeit, sondern mindert auch die Kosten für die stationäre Einrichtung und somit für das Gesundheitssystem.

Der Nachbehandlung nach einer operativen Versorgung wird ein erheblicher Stellenwert im Heilungsprozess zugeschrieben. Sie verdient daher eine ebenso genaue wissenschaftliche Betrachtung wie die vorangehende operative Versorgung.

### **2.2. Der therapeutische und wissenschaftliche Nutzen einer Nachbehandlungsrichtlinie**

Leitlinien sollen Ärzten, Vertretern medizinischer Hilfsberufe, Patienten und interessierten Laien als Information dienen und zur Qualitätssicherung beitragen [74]. Da Leitlinien jedoch nur als Empfehlungen für ärztliches Handeln zu verstehen sind, existieren neben diesen Leitlinien zur Nachbehandlung individuell angefertigte Schemata. Viele der operativen Versorgungen können heutzutage ambulant durchgeführt werden. Eine schematische Darstellung des Nachbehandlungszeitraums stellt daher eine gute Hilfestellung für den Patienten nach der Operation dar, wenn dieser schon nicht mehr stationär versorgt wird. Dem Protokoll entnimmt er alle wichtigen Informationen für die Zeit nach der Operation. So ist auch mit wenig ärztlicher Hilfestellung gewährleistet, dass die Nachbehandlung in rechtem Maße abläuft. Des Weiteren können Physiotherapeuten anhand der Nachbehandlungsrichtlinie das Trainingsprogramm für ihren Patienten erstellen.

Aber nicht nur Ärzten, Patienten und Physiotherapeuten sind diese Protokolle von Nutzen. Die Menge an verfügbaren Nachbehandlungsschemata enthält professionelle Meinungen von mehreren hundert Ärzten zur Nachbehandlung nach 20 verschiedenen

operativen und konservativen Behandlungen des Kniegelenkes. Diese Informationen können nach Analyse Erkenntnisse liefern, die später als Grundlage nachfolgender kontrollierter randomisierter Studien dienen.

### 2.3. Phasen der Nachbehandlung am Kniegelenk

Diese Arbeit behandelt im Speziellen die Konzepte zur Nachbehandlung des operativ versorgten Kniegelenkes. Die Nachbehandlung wird meist in mehrere Phasen unterteilt, die sich innerhalb der Kniechirurgie (Knorpelchirurgie, Kreuzbandchirurgie etc.) bezüglich der Therapieziele sehr ähnlich sind. Das zeigt die Unterteilung der Rehabilitationsprotokolle von Braun et al. (2009) [13], Eichhorn et al. (2008) [26] und Gillogly et al. (2006) [35]. Die zeitliche Einteilung der Phasen variiert individuell.

Die erste Phase beinhaltet den Zeitraum, der sich unmittelbar an die Operation anschließt. Sie wird Akut-/Entzündungs-, Heilungs- oder frühe Protektionsphase genannt. Die gemeinsamen Therapieziele sind Schmerzlinderung, Reduktion der Schwellneigung und Erhalt bzw. Erhöhung der Beweglichkeit des Kniegelenkes, v. a. des patellofemorales Teilgelenkes.

Die zweite Phase ist eine Übergangsphase. Sie zeichnet sich durch eine progressive Steigerung in allen dynamischen Modulen der Nachbehandlung aus. Das betrifft v. a. die Module der Belastung und des Bewegungsausmaßes. Dazu kommt die Wiederherstellung koordinativer Fähigkeiten. Daher fällt in diese Phase meist der Beginn des Rehaspezifischen Trainings (s. 2.4.5). Am Ende der zweiten Phase sollten die Vollbelastung und das volle Bewegungsausmaß erreicht sein.

Die 3. Phase der Nachbehandlung ist die Remodellierungsphase. Ihr Therapieziel ist die Kräftigung der wichtigen Muskelgruppen und die Erhöhung der Ausdauer im Hinblick auf die Bewältigung der Alltagsfähigkeiten. Die Alltagsmotorik sollte am Ende dieser Phase wiederhergestellt sein. Während dieser Phase beginnt meist das Sportartspezifische Training, welches die zuvor genannten Therapieziele verfolgt.

Gerade im Bereich der Knorpelchirurgie kommt zusätzlich zu diesen 3 Phasen noch eine 4. Phase hinzu, die Maturationsphase. Diese Phase ist erst erfolgreich beendet, wenn das operierte Kniegelenk seine volle Funktion wieder ausüben kann, auch über die normale Alltagsmotorik hinaus. Das Rehabilitationsprogramm wird daher auf diejenige Belastung abgestimmt, die bei sportlicher Aktivität auf die untere Extremität einwirkt.

Die angewandte Einteilung der Nachbehandlungszeiträume in den untersuchten Nachbehandlungsrichtlinien (vgl. Abbildung 3.2) ist der zuvor beschriebenen Unterteilung in den Therapiezielen sehr ähnlich.

## 2.4. Komponenten der Nachbehandlung am Kniegelenk

### 2.4.1. Belastung

#### Biomechanische Aspekte der Nachbehandlung

Bei der Belastung des Kniegelenkes wirken unterschiedliche Kräfte auf die artikulierenden Flächen. Es wird zwischen Gelenkkontaktkräften und Scherkräften unterschieden [46]. Betroffen sind davon sowohl das tibiofemorale als auch das patellofemorale Gelenk. Eine Entlastung bzw. Verringerung der Belastung zielt darauf ab, Gelenkkontakt- und Scherkräfte zu verringern und damit die Heilung im Operationsgebiet zu fördern. Die Entlastung des Kniegelenkes stellt eine große Mobilitätseinschränkung und damit eine Minderung der Lebensqualität dar. Des Weiteren ist eine andauernde Entlastung oder Teilbelastung des Kniegelenkes nach Hinterwimmer et al. (2004) [50] mit einer Atrophie der umgebenden Muskulatur und des Knorpels vergesellschaftet. Um dies zu verhindern, besteht ein vorrangiges Ziel der Nachbehandlung darin, das Kniegelenk so bald wie möglich wieder in einem möglichst großen Umfang zu belasten, der den Operationserfolg jedoch nicht gefährdet.

In der Knorpelchirurgie beispielsweise sind nicht vorrangig die Muskelkräfte von Bedeutung, sondern die Kräfte, die direkt auf den hyalinen Gelenkknorpel der artikulierenden Flächen wirken, also Gelenkkontakt- und Scherkräfte. Auf der einen Seite sollen durch die Restriktion der Belastung Scherkräfte verhindert werden. Diese können nach Martin, Buckwalter et al. (2006) [81] und Martin, Brown et al. (2004) [82] zur Apoptose von Chondrozyten führen und somit den Operationserfolg gefährden. Auf der anderen Seite sollen Kontaktkräfte auf das Gewebe ermöglicht werden, da nach Hambly et al. (2006) [39] Kräfte in physiologischem Ausmaß dem Knorpelgewebe zu einer besseren chondrogenen Differenzierung verhelfen.

Für die Nachbehandlung gilt folglich, die richtige Balance zu finden zwischen Restriktion und Freigabe von Belastung, denn beide können sowohl schädlich als auch heilungsfördernd sein.

### **Reproduzierbarkeit der therapeutischen Empfehlung zur Teilbelastung**

Empfehlungen zur Belastung wie beispielsweise eine Teilbelastung mit weniger als 20 kg umzusetzen, stellt für Patienten oft eine Schwierigkeit dar. Die Genauigkeit, die untere Extremität mit ungefähr dem empfohlenen Gewicht zu belasten, ist kaum gegeben, wie Dabke et al. (2004) [21] zeigen. Eine Untersuchung von Malviya et al. (2005) [78] kommt jedoch zu dem Ergebnis, dass durch Übung mit einer einfachen Personenwaage eine Teilbelastung erlernt und vom Patienten später genauer reproduziert werden kann.

Daher ist ein derartiges Training mittels Personenwaage zu Beginn der Teilbelastungsphase ausdrücklich zu empfehlen, da so eine adäquate Belastung des Kniegelenkes in therapeutischem Maße besser erzielt werden kann.

### **2.4.2. Bewegungsausmaß**

#### **Anatomische und biomechanische Grundlagen**

Das Kniegelenk als zweiachsiges Gelenk führt Flexions- und Rotationsbewegungen aus, wobei die Möglichkeit zur Rotation mit steigender Flexion zunimmt [103]. Das gesunde Kniegelenk ermöglicht eine physiologische aktive Bewegung von ungefähr  $5^\circ/0^\circ/120-150^\circ$ . Eine größere Beugung ist durch die aktive Insuffizienz der Beugemuskulatur kaum durchführbar und kann - altersabhängig - teilweise nur durch passive Dehnung auf bis zu  $150-160^\circ$  Flexion erweitert werden [110].

Durch Flexion im Kniegelenk werden mehrere Komponenten des Kniegelenkes verstärkt beansprucht. Durch den Roll-Gleit-Mechanismus des tibiofemorales Gelenkes steigen bei Flexion die Scherkräfte auf den Gelenkknorpel und die Menisken, dies umso mehr bei zusätzlicher Innen- oder Außenrotation. Teile der Kreuzbänder sind bei jeder Stellung des Kniegelenkes gespannt, mit steigender Beugung v. a. das Hintere Kreuzband und der laterale Anteil des Vorderen Kreuzbandes [110]. Nach McGinty et al. (2000) [84] vergrößert sich im patellofemorales Teilgelenk mit dem Ausmaß der Flexion die Kontaktfläche zwischen der patellaren Gelenkfläche und dem femoralen Gleitlager. Auch die Kontaktkraft der beiden Komponenten steigt an.

### **Stellenwert der vollen Extension und Flexion**

Grundsätzlich ist während der Nachbehandlung darauf zu achten, dass die Extension unmittelbar nach der Operation wiedererlangt wird, da ein Streckdefizit in einer funktionellen Beinlängendifferenz resultieren würde. Diese Beinlängendifferenz wiederum erhöht nach Harvey et al. (2010) [41] das Arthroserisiko v. a. im Kniegelenk des kürzeren Beines erheblich. Daher ist zu Beginn der Nachbehandlung das Erreichen der vollständigen Extension als bedeutender anzusehen als das Erlangen der vollständigen Flexion. Zum Erreichen der vollständigen Streckung ist die Stärkung der Extensoren des Kniegelenkes von zentraler Bedeutung. Oiestad et al. (2015) [92] zeigen, dass eine Schwäche der Extensoren des Kniegelenkes ebenfalls zu einem gesteigerten Arthroserisiko führt.

Die Angaben der Nachbehandlungsrichtlinien zum Bewegungsausmaß entsprechen der Einstellung der aktiven Bewegungsschiene, damit das passiv bewegte operierte Kniegelenk in therapeutischem Maße flektiert und extendiert wird.

### **2.4.3. Orthesenversorgung**

Neben der primären Funktion der Stabilisierung des Kniegelenkes in sagittaler und transversaler Ebene dient die Orthese auch der physiologischen Führung des Gelenkes und dient nach Wu et al. (2001) [138] damit auch der Wiedererlangung der Sensomotorik durch korrekte Ausführung von Flexion und Extension. Da das Bewegungsausmaß bei den meisten Orthesen variabel limitiert werden kann, trägt die Orthese zudem dazu bei, die Empfehlungen zur Restriktion des Bewegungsausmaßes umzusetzen. Jedoch wird die Notwendigkeit von Orthesen während der Nachbehandlung nach kniechirurgischen Eingriffen kontrovers diskutiert.

### **2.4.4. Behandlung mit aktiver und passiver Bewegungsschiene**

#### **Controlled Active Motion**

Die rehabilitative Maßnahme einer CAM-Schiene (Controlled Active Motion) dient der aktiven Bewegungsführung und soll u. a. die Sensomotorik des Kniegelenkes nach einer Verletzung verbessern. Friemert et al. (2006) [31] konnten zeigen, dass das präoperativ bestehende propriozeptive Defizit mit unmittelbar postoperativ beginnendem neuromuskulären Training mittels CAM-Schiene gesenkt werden kann.



## 2. Einleitung

Als Beispiel für eine aktive Bewegungsschiene wird in den Nachbehandlungsprotokollen dieser Studie die CAMOPed<sup>®</sup>-Schiene (Fa. Oped) angeführt. Man kann von dieser auf andere CAM-Schienen schließen. Prinzipiell führt der Patient hierbei Bewegungen im Liegen oder Sitzen aus, die denen auf einem Fahrrad ähneln, wobei jedoch auch lineare Bewegungen möglich sind, was die CAM-Schiene von einem „Bettfahrrad“ unterscheidet. Durch die sitzende oder liegende Position wird die Belastung während der Übung gering gehalten. Das gesunde Bein sorgt durch aktive Kraftausübung dafür, dass sich die kontralaterale, operierte untere Extremität passiv mitbewegt. Möglich sind mittels CAMOPed<sup>®</sup>-Schiene auch kontinuierliche passive Bewegungen (CPM), eine einseitige Beteiligung der unteren Extremität vorausgesetzt.

### **Continous Passive Motion**

Neben dem Einsatz von CAM-Schienen wird außerdem die Empfehlung zu reinen CPM-Schienen analysiert. Der Patient wird - ähnlich wie bei der CAM-Schiene - mit beiden unteren Extremitäten in die Pedale eingespannt. Die CPM-Schiene ist jedoch elektrisch angetrieben und erfordert daher vom Patienten keine aktive Mithilfe. CPM wird häufig gerade unmittelbar nach knorpelchirurgischen Eingriffen in der klinischen Praxis eingesetzt, was Fazalare et al. (2010) [29] demonstrieren.

### **2.4.5. Reha- und Sportartspezifisches Training**

Die Behandlungsrichtlinien geben Auskunft zur Empfehlung zu Rehaspezifischem bzw. Sportartspezifischem Training. Die Unterscheidung erfolgt aufgrund der verschiedenen Zielsetzungen der Trainingsarten.

Ziel des Rehaspezifischen Trainings ist die Verbesserung der koordinativen Fähigkeiten und der Beweglichkeit gerade in der frühen Rehabilitationsphase. Das Sportartspezifische Training zeichnet sich durch Ausbau von Kraft und Ausdauer aus. Es hilft Patienten, die alltäglichen Tätigkeiten der unteren Extremität wieder aufzunehmen. Auch die Rückkehr zu sportlicher Aktivität ist ein Faktor, der im Zuge der durchgeführten Untersuchung von Interesse ist, da nach Krzepota et al. (2015) [66] sportliche Aktivität die Lebensqualität erheblich erhöhen kann.

## 2.5. Aktuelle Studienlage zur Nachbehandlung nach kniechirurgischen Eingriffen

Da die Nachbehandlungsstrategie u. a. vom Verletzungsmechanismus, von den verletzten Strukturen und vom operativen Verfahren abhängig ist, ist das Spektrum an Nachbehandlungsschemata nach operativer Versorgung des Kniegelenkes sehr breit. In der Literatur ist wenig über Standards von Nachbehandlungsschemata zur operativen Versorgung des Kniegelenkes zu finden. Es werden zumeist Nachbehandlungsschemata zu einer bestimmten operativen Versorgungstechnik erarbeitet (z. B. Hambly et al. (2006) [39], Hirschmüller et al. (2011) [52] oder Riegger-Krugh et al. (2008) [100]) oder ein traditionell angewendetes Schema einem neueren Schema gegenübergestellt (z. B. Ebert et al (2008) [24]). Nicht selten beschränken sich die Studien auf eine Beschreibung der Belastung, ohne auf mindestens ebenso wichtige Punkte wie die Einschränkung oder Freigabe des Bewegungsausmaßes des Gelenkes oder den Beginn von rehabilitativem Training einzugehen. Die wissenschaftlichen Artikel unterscheiden sich außerdem zumeist in ihren angewendeten Nachbehandlungsschemata.

Je häufiger ein operativer Eingriff durchgeführt wird, desto mehr wissenschaftliche Arbeiten werden zu dieser Operation und der damit verbundenen postoperativen Behandlung verfasst. Daher besteht abhängig vom angewendeten operativen Verfahren eine Ungleichheit in der Verfügbarkeit von Literatur.

Zusammenfassend lässt sich die Studienlage sowohl in Umfang als auch Inhalt als mangelhaft und variabel bezeichnen. Van Grinsven et al. (2010) [128] und Makhni et al. (2016) [77] beschreiben diesen Umstand beispielsweise für Studien zur Nachbehandlung nach VKB-Plastik.

## 2.6. Fragestellung

Aufgrund der oben beschriebenen Studienlage ist eine Untersuchung notwendig, die eine repräsentative Anzahl an Institutionen mit einbezieht und die deren Vorgehensweise in der Nachbehandlung nach einer bestimmten operativen Versorgung des Kniegelenkes aufzeigt und vergleichbar macht. Die Nachbehandlungsprotokolle, die zu dieser Untersuchung herangezogen worden sind, sind für ihre jeweilige Institution standardisiert. Die aus dieser Studie resultierenden Ergebnisse können dazu genutzt

## 2. *Einleitung*

werden, um eine allgemeingültige Standardisierung der Nachbehandlung mithilfe von darauf aufbauenden randomisierten kontrollierten Studien zu entwickeln.

Diese Arbeit soll aufzeigen, welche Nachbehandlungskonzepte nach kniechirurgischen Eingriffen in Abhängigkeit von der operativen Versorgung aktuell verfolgt werden. Auf Grundlage der gewonnenen Erkenntnisse kann eine standardisierte Therapie erarbeitet werden.

## **3. Material und Methoden**

### **3.1. Studiendesign**

Schriftlich vorliegende Nachbehandlungskonzepte von 120 orthopädisch-unfallchirurgischen Institutionen sind hinsichtlich der Empfehlungen zu Belastung, Bewegungsausmaß, Wahl der Orthesenversorgung, Therapie mit aktiver/passiver Bewegungsschiene und Rehabilitativem Training analysiert worden. Die Untersuchung umfasst Operationstechniken des Kniegelenkes im Bereich der Knorpel-, Kreuzband- und Meniskus Chirurgie sowie Operationsarten zur Stabilisierung der Patella und zur Endoprothetik. Es ist eine deskriptive Analyse durchgeführt worden.

Die Datenerhebung ist retrospektiv anhand bereits vorhandener und in klinischer Verwendung befindlicher Nachbehandlungskonzepte erfolgt. Die Nachbehandlungskonzepte sind von den Institutionen ausgearbeitet worden, welche diese verwenden.

### **3.2. Systematik der analysierten Nachbehandlungsrichtlinien**

Eine Nachbehandlungsrichtlinie enthält Informationen über die verschiedenen Module der Nachbehandlung in Abhängigkeit vom Zeitverlauf nach der Indikatortherapie (hier operative Versorgung). Darunter sind Angaben zu Belastungs- und Bewegungsausmaß des Kniegelenkes, zu Orthesenversorgung, zu Behandlung mit einer aktiven und/oder passiven Bewegungsschiene und zu rehabilitativen Trainingseinheiten. Um diese Informationen für Patienten und Nachbehandler übersichtlich und leicht verständlich darzustellen, ist das Protokoll tabellarisch aufgebaut (Abbildung 3.1): Auf der senkrechten Achse werden unterschiedliche operative Versorgungen aufgelistet, für die die jeweilige Institution Nachbehandlungskonzepte ausgearbeitet hat. Auf

### 3. Material und Methoden

der Waagrechten erstreckt sich die Zeitachse von links nach rechts. Sie beginnt mit dem ersten postoperativen Tag. Die zeitlichen Abstände zwischen den Empfehlungen umfassen zu Beginn der postoperativen Phase wenige Tage bis Wochen, gegen Ende der Nachbehandlung mehrere Monate. Der Zeitraum, den die Zeitachse erfasst, variiert je nach Nachbehandlungsrichtlinie. Der Großteil der Protokolle beinhaltet die ersten 6 Monate nach der Operation. Ein Teil der Richtlinien fasst die erste Woche zusammen, der andere Teil unterteilt diese in „1.-3. Tag“ und „4.-7. Tag“. Diese Unterteilung wurde im Zuge der Analyse beibehalten, um differenziertere Angaben über die Anfangsphase des Nachbehandlungszeitraums treffen zu können. So ergab sich für die Analyse des Nachbehandlungszeitraums folgende Aufteilung:

- postop. Tag 1-3
- postop. Tag 4-7
- 2./3./4./5./6./7./8. postop. Woche
- 9.-10. postop. Woche
- 11.-12. postop. Woche
- 4./5./6. postop. Monat

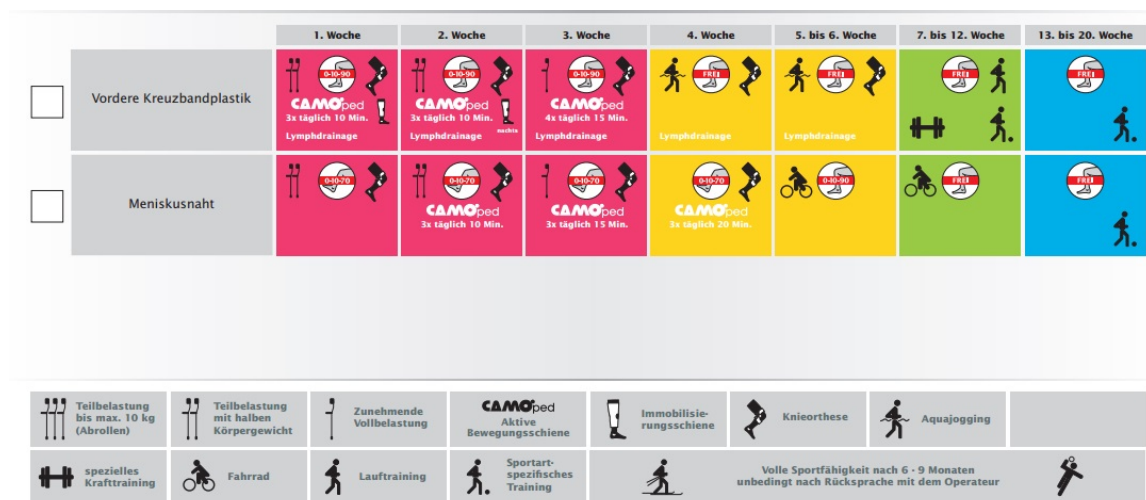


Abbildung 3.1.: Ausschnitt einer exemplarischen Behandlungsrichtlinie.

Die in den Nachbehandlungsrichtlinien enthaltenen Empfehlungen sind in einem Feld notiert, welches sich aus der Zeitachse und dem OP-Verfahren ergibt. Diese Empfehlungen umfassen grundsätzlich die Angabe zu Belastungs- und Bewegungsausmaß und optional Angaben zu Orthesenversorgung, Bewegungsschientherapie und re-

### 3. Material und Methoden

habilitativen Maßnahmen. Die farbliche Kodierung stellt die Phasen der Nachbehandlung dar, die in der Nachbehandlungsrichtlinie selbst noch einmal erläutert werden (Abbildung 3.2). Symbole, die durch eine Legende erklärt werden, und eine farbliche Kodierung der Zeitachse machen das Schema grafisch übersichtlich und ermöglichen im Zuge der Untersuchung eine genaue Erfassung der Daten.



Abbildung 3.2.: Die 4 in den Nachbehandlungskonzepten verwendeten Phasen der Nachbehandlung.

## 3.3. Module der Nachbehandlung

### 3.3.1. Belastung

Tabelle 3.1.: Abstufung der Belastung.

No body weight	Partial body weight	Half body weight	Full body weight
0 kg	$\leq 20$ kg	$> 20$ kg	no restriction

Die Behandlungsrichtlinien sehen unterschiedliche Abstufungen der Belastung vor. Daher wird zunächst eine Einteilung definiert, die auf alle Protokolle anwendbar ist und sich der internationalen orthopädischen Fachsprache bedient.

Die Einteilung der Belastung erfolgt in 4 Stufen (Tabelle 3.1): Die komplette Entlastung (*no body weight*, NBW), die Teilbelastung (*partial body weight*, PBW), die in allen Angaben zur Belastung  $\leq 20$  Kilogramm Körpergewicht empfiehlt, die Belastung mit dem halben Körpergewicht bzw. die Belastung jenseits der 20 Kilogramm Körpergewicht (*half body weight*, HBW) und die Vollbelastung (*full body weight*, FBW).

Die in den Behandlungsrichtlinien gemachten Angaben zur Belastung sind in diese 4

Kategorien eingeteilt. So fällt z. B. die Empfehlung „Sohlenkontakt bis max. 10 kg“ in die Kategorie  $\leq 20$  kg (*partial weight bearing*), „Teilbelastung bis 30 kg“ in die Kategorie  $> 20$  kg (*half body weight*) oder „Zunehmende Vollbelastung“ in die Kategorie der Vollbelastung (*full body weight*, Tabelle 3.2). Betrachtet werden die Empfehlungen zur Belastung in dem Zeitraum vom ersten postoperativen Tag bis zum 4. Monat nach Operation entsprechend den oben genannten zeitlichen Intervallen.

#### 3.3.2. Bewegungsausmaß

Um das Bewegungsausmaß im Folgenden einheitlich und somit vergleichbar beschreiben zu können, wird die Neutral-0-Methode verwendet. Alle Angaben werden in Grad angegeben und beziehen sich im Folgenden auf Extension-Flexion bei aktiver Bewegung des Kniegelenkes. Zur übersichtlichen Darstellung der Daten dient ein Schema zur Einteilung der verschiedenen Angaben zum Bewegungsausmaß des Kniegelenkes. Die Einteilung richtet sich nach dem Ausmaß der Flexion des Kniegelenkes. Die Angabe „0-0-30“ beispielsweise beinhaltet Bewegungsausmaße von 0-0-20 bis 0-0-40 (Tabelle 3.3).

Die in den Richtlinien enthaltenen Angaben zum Ausmaß der Flexion beschreiben die Einstellung der Schiene respektive des CAMOPed<sup>®</sup>. Somit ist die Beweglichkeit des Kniegelenkes durch die Schiene limitiert und die Flexion im empfohlenen Ausmaß gewährleistet. Die Angabe „0-0-120“ wurde unter „Free“, also unter „uneingeschränktes Bewegungsausmaß“ aufgeführt, da die Kniegelenke vieler Patienten nicht über 120° flektierbar sind. Die mittlere Ziffer der Neutral-0-Methode gibt beispielsweise bei „0-10-30“ eine leicht gebeugte Ruhestellung des Kniegelenkes an, da beispielsweise die volle Extension noch nicht freigegeben ist. Dies bedeutet in diesem Fall ein Extensionsdefizit von 10° sowie eine Flexion bis maximal 30°. Daraus resultiert ein effektives Bewegungsausmaß von 20°.

Auf eine Unterscheidung „0-0-30/0-10-30“ wird in dieser Arbeit aus Gründen der Übersichtlichkeit und der fehlenden klinischen Relevanz verzichtet. Die Erfassung der Daten zum Bewegungsausmaß umfasst die ersten 12 Wochen nach Operation entsprechend den oben genannten zeitlichen Intervallen.

### 3. Material und Methoden

Tabelle 3.2.: Einteilung der Empfehlungen zur Belastung in die definierten Kategorien. Die hier aufgeführten Empfehlungen entstammen den Legenden der Protokolle.

<b>Kategorie</b>	<b>Empfehlungen zur Belastung</b>
No body weight	Entlastung keine Belastung ohne Belastung
Partial body weight	Teilbelastung Teilbelastung mit Sohlenkontakt Abrollbelastung 5 bis 10 kg Abrollen mit 10 kg Teilbelastung Sohlenkontakt (Teilbelastung bis 10 kg) Sohlenkontakt bis max. 10 kg (Abrollen) Teilbelastung bis max. 10 kg (Abrollen) Sohlenkontakt 10 bis 15 kg Teilbelastung bis max. 15 kg (Abrollen) Teilbelastung 15 kg Sohlenkontakt 10 bis 20 kg Teilbelastung 10 bis 15 kg Sohlenkontakt 20 kg Teilbelastung Teilbelastung bis max. 20 kg (Abrollen) 20 kg Belastung Teilbelastung mit 20 kg
Half body weight	Teilbelastung mit halbem Körpergewicht Teilbelastung 20 kg bis halbes Körpergewicht Teilbelastung 20 bis 25 kg Teilbelastung bis 30 kg
Full body weight	Vollbelastung zunehmende Vollbelastung Übergang Vollbelastung schmerzadaptierte Vollbelastung Vollbelastung, Schmerz- und Stabilitätsabhängig Vollbelastung (bis zur muskulären Stabilisierung) Vollbelastung, aber Gehen mit Gehstützen Vollbelastung in Streckung (in Streckung fixierte Orthese)



### 3. Material und Methoden

Tabelle 3.3.: Zusammenfassung der Einzelwerte zum Bewegungsausmaß in Hauptgruppen nach Neutral-0-Methode mit Gesamthäufigkeit (n) des Wertes in den analysierten Nachbehandlungsrichtlinien.

<b>Immobilization</b>	<b>0-0-30</b> (182)	<b>0-0-60</b> (653)	<b>0-0-90</b> (1072)	<b>Free</b> (4099)
0-0-0 (39)	0-0-20 (19)	0-0-50 (6)	0-0-80 (1)	0-0-120 (75)
0-0-10 (38)	0-20-20 (3)	0-10-50 (4)	0-10-80 (14)	
	0-10-30 (34)	0-10-60 (57)	0-10-90 (52)	
	0-0-40 (22)	0-0-70 (31)	0-0-100 (15)	
	0-10-40 (3)	0-10-70 (15)	0-10-100 (4)	

#### 3.3.3. Orthesenversorgung

Die Festlegung von mehreren Variablen zum Modul der Orthesenversorgung dient dazu, detailliertere Aussagen treffen zu können. Zur Beurteilung der Tragedauer einer Orthese ist bei den Nachbehandlungsrichtlinien, die eine Orthesenversorgung vorsehen, die letzte Woche nach Operation notiert, in der das Tragen einer Orthese empfohlen wird. Über diese Werte kann ein Durchschnittswert („orthosis wearing time“) gemittelt werden, der angibt, bis zu welchem Zeitpunkt (in Wochen) nach einer bestimmten Operation durchschnittlich eine Orthese empfohlen wird. Neben der reinen Tragedauer ist zusätzlich von Interesse, wann die Indikation zum Tragen verschiedener Orthesen gestellt wird. Daraus resultiert die Entstehung von Variablen, die ähnlich zu den Modulen Belastung und Bewegungsausmaß vom ersten Tag bis zum 4. postoperativen Monat die Orthesenversorgung beschreiben. So kann beispielsweise neben dem Beginn der Orthesenversorgung in der Anfangsphase der Nachbehandlung auch der Einsatz einer PTS-Schiene (*posterior tibial support*) im Verlauf der Rehabilitation mit untersucht werden. Wenn keine Angaben zur Orthesenversorgung gemacht werden, wird das unter der Angabe von „no information“ in die Statistik mit aufgenommen. Damit ergibt sich der Anteil an Nachbehandlungsprotokollen, die eine Orthesenversorgung vorsehen, an der Gesamtheit an Protokollen.

#### 3.3.4. Behandlung mit aktiver und passiver Bewegungsschiene

Hinsichtlich der Empfehlung, die CAMOPed<sup>®</sup>-Schiene anzuwenden, gibt es in den Nachbehandlungsprotokollen im Verlauf keine weiteren Angaben dazu, ob das ope-

rierte Kniegelenk dabei passiv oder bereits aktiv bewegt werden soll. In dieser Arbeit wird davon ausgegangen, dass die CAMOPed<sup>®</sup>-Schiene durch den Patienten mit der Gegenseite aktiv bewegt wird, sodass das operierte Bein passiv mitbewegt wird. Um die aktive Bewegung des Kniegelenkes zu trainieren, bedarf es grundsätzlich keiner Bewegungsschiene. Dies ist daher der Zuständigkeit des rehabilitativen Trainings zuzuordnen. Analysiert wird die Empfehlung zum Training mit einer aktiven oder passiven Bewegungsschiene in Abhängigkeit von der Zeit. Der untersuchte Zeitraum erstreckt sich vom ersten postoperativen Tag bis zum 4. Monat.

### 3.3.5. Reha- und Sportartspezifisches Training

Die am häufigsten genannten rehaspezifischen Trainingsarten in den Behandlungsrichtlinien sind das Fahrradfahren bzw. Ergometertraining und das Spezielle Krafttraining. Beim Sportartspezifischen Training sind es das Lauftraining bzw. Joggen und das individuelle Sportartspezifische Training. In die Auswertung fließen die früheste Empfehlung zu Rehaspezifischem und diejenige zu Sportartspezifischem Training ein - sofern angegeben. Wenn eine Institution keine Empfehlung zu derartigen Maßnahmen macht, wird das unter der Angabe „no information“ notiert.

Tabelle 3.4.: Reha- und Sportartspezifische Trainingsarten.

<b>Rehaspezifisches Training</b>	<b>Sportartspezifisches Training</b>
Ergometer/Fahrrad	Lauftraining/Jogging
Aqua-Jogging	Koordination/Propriozeption
Spez. Krafttraining	Sportartspezifisches Training,
Wackelbrett	z. B. Einbeinsprung (Leichtathletik, Hochsprung),
Schwimmen (nur Kraulen)	Lauftraining mit Stollenschuhen auf Rasenplatz (Fußball, Rugby), Ausführen von Richtungswechseln auf Sand- oder Rasenplatz (Tennis)

In Tabelle 3.4 werden die Übungen aufgelistet, welche in Rehaspezifisches Training und Sportartspezifisches Training aufgeteilt sind. Die dort aufgeführten Bezeichnungen entstammen den Legenden der Protokolle. Im Gegensatz zu den Variablen von Belastung oder Bewegungsausmaß, die den zeitlichen Verlauf beschreiben, sind hier Beobachtungszeitpunkte bestimmt. Zu diesen Zeitpunkten - 6 Wochen, 3 Monate und

6 Monate postoperativ - wird kumulativ erfasst, wie viele Institutionen ein Reha- bzw. Sportartspezifisches Training empfehlen. Die x-Achse führt die OP-Indikationen der Hauptgruppen auf. Auf der y-Achse ist der prozentuale Anteil an Protokollen aufgetragen, die ein Training empfehlen, im Vergleich zur Gesamtheit an Protokollen zur jeweiligen OP-Indikation. Diese Art der Darstellung ermöglicht Vergleiche unterschiedlicher operativer Versorgungen.

## 3.4. Thematische Gruppierung der Nachbehandlungsrichtlinien

Zunächst ist eine Gruppierung der aufgeführten operativen Versorgungen vollzogen worden. Alle aufgeführten operativen Versorgungen, die in den Protokollen in der linken Spalte angegeben sind (Abbildung 3.1), sind in eine Tabelle übertragen worden, um einerseits zu sehen, wie viele Nachbehandlungsrichtlinien von einer bestimmten Operationsart zur Verfügung stehen, und um andererseits ähnliche Operationstechniken zusammenfassen zu können:

Die Kategorie „ACT“ (Autologe Chondrozyten-Transplantation) enthält neben der operativen Versorgung „ACT“ auch die „MACT“ (Matrix-assoziierte Autogene Chondrozyten-Transplantation), die „Knorpelzelltransplantation“ und den „Knorpelersatz“. Die operative Versorgung „retropatellare Knorpeltherapie“ umfasst die „ACT Patella/Gleitlager“, die „Knorpeltherapie retropatellar“, die „MACT bei Defekten an der Kniescheibe oder dem femoropatellaren Gleitlager“, die „Mikrofrakturierung Patella“ und die „Knorpelreparationen retropatellar/Trochlea AMIC“ (Autologe Matrixinduzierte Chondrogenese). Die Hohe Tibiale Umstellungsosteotomie (HTO) zur Entlastung der knorpeligen Gelenkflächen beinhaltet die „Umstellungsosteotomie mit Knorpelreparation“, die „Umstellungsosteotomie mit/ohne Knorpelreparation“ und die Umstellungsosteotomie ohne nähere Angabe. Unter „VKB-Plastik allgemein“ (Vordere Kreuzband-Plastik) fällt die VKB-Plastik, zu der keine weiteren Angaben zum Sehnenmaterial der Plastik gemacht wird. Die „Meniskusnaht“ enthält zusätzlich die „Innenmeniskusnaht“, die „Außenmeniskusnaht“ und die „Knorpelkonstruktive Chirurgie und Meniskusnaht-/ersatzplastik“. Die „Meniskustransplantation“ und die „CMI“ (Collagen Meniscus Implant) sind hier zusammengefasst, ebenso die „Trochleaplastik/Tuberositas-Osteotomie“ und die „Elmslie-OP“. Unter der „Knie-Totalendoprothese“ wird auch die Knieprothese ohne nähere Angabe geführt.

Tabelle 3.5.: Hauptgruppen und zugehörige operative Versorgungstechniken.

Hauptgruppe	Operative Versorgungstechniken
Knorpelrekonstruktive Chirurgie	Mikrofrakturierung ACT retropatellare Knorpeltherapie OCT HTO
Kreuzbandchirurgie	VKB-Plastik allgemein VKB-Plastik mit Semitendinosus-/Gracilissehne VKB-Plastik mit Patellarsehne (BTB) VKB-Plastik mit Meniskusreparation Unhappy-triad-Verletzung VKB-Plastik mit Innenbandbeteiligung HKB-Plastik
Meniskuschirurgie	Meniskusrefixation Meniskusresektion Meniskusimplantation/CMI
Patellachirurgie/ -therapie	Tuberositas-OT MPFL-Rekonstruktion konservative Therapie bei patellarer Instabilität
Endoprothetik	Knie-Totalendoprothese (TKA) Unikondyläre Prothese (UKA)

Nach Zusammenfassung operativer Versorgungen werden diese wiederum entsprechend ihres Operationsgebietes in Hauptgruppen unterteilt (Tabelle 3.5). Diese Einteilung orientiert sich an grundlegenden Nachbehandlungsprinzipien in Abhängigkeit der zugrundeliegenden operativen Versorgung.

### 3.5. Erfassung der Daten

In der zu allen operativen Versorgungstechniken (Tabelle 3.5) jeweils gesondert erstellten SPSS®-Tabelle ist für jede Institution eine Zeile angelegt. Es sind Variablen für die Komponenten der Nachbehandlung (Belastung, Bewegungsausmaß, Orthesenversorgung, aktive/passive Bewegungsschiene, rehabilitatives Training) und weitere

für die Untersuchung relevanter Parameter wie beispielsweise die Art der Einrichtung festgelegt (Tabelle 3.6). Die Erfassung der Werte aus den Behandlungsrichtlinien erfolgt mithilfe der Tabellen.

Die Art der Einrichtung (Abbildung 4.1) ist durch Internetrecherche ermittelt. Mithilfe einer Excel<sup>®</sup>-Tabelle ist erfasst, für welche operativen Versorgungen die jeweilige Institution eine Behandlungsrichtlinie erstellt hat. Daraus ergibt sich die Anzahl an Protokollen, die zu einer bestimmten Operationsart zur Auswertung zur Verfügung stehen.

## 3.6. Statistische Methoden

Die Auswertung ist mittels SPSS<sup>®</sup> Statistics Version 23 (IBM<sup>®</sup>) erfolgt. Die Graphen zur Darstellung der Ergebnisse sind mit GraphPad<sup>®</sup> Prism Version 5.01 und Powerpoint<sup>®</sup> 2013 (Microsoft<sup>®</sup>) in englischer Fachsprache erstellt worden. Die Berechnungen zu Mittelwerten und Standardabweichungen sind via Excel<sup>®</sup> 2013 (Microsoft<sup>®</sup>) durchgeführt worden. Neben deskriptiver Statistik sind Unterschiede der Mittelwerte berechnet worden (t-test), wo es sinnvoll erschienen ist.

### 3. Material und Methoden

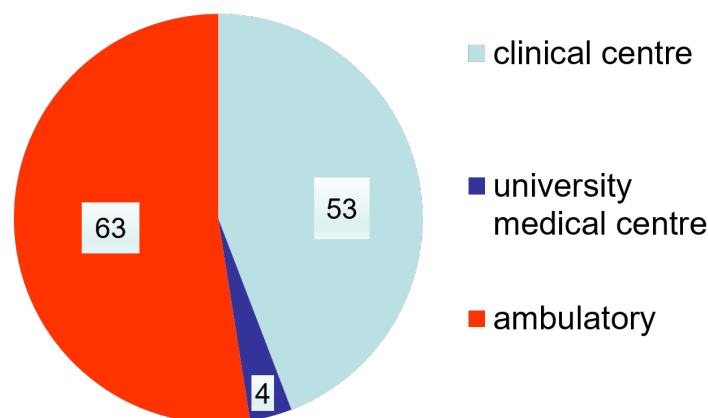
Tabelle 3.6.: Variablen und dazugehörige Werte der untersuchten Parameter.

<b>Parameter</b>	<b>Variablen</b>	<b>Werte</b>
<b>Charakterisierung der Institutionen</b>	Art der Institution	ambulatory clinical centre
<b>Verfügbarkeit von Protokollen</b>	Protokoll verfügbar	yes no
<b>Operative Versorgungstechnik</b>	Weiter spezifizierte Versorgungstechnik (Tabelle 3.5)	depend on surgical technique
<b>Belastung</b>	Tag 1-3, Tag 4-7, w2, w3, w4, w5, w6, w7, w8, w9-10, w11-12, m4	NBW PBW HBW FBW
<b>Bewegungsausmaß (Extension - Flexion)</b>	Tag 1-3, Tag 4-7, w2, w3, w4, w5, w6, w7, w8, w9-10, w11-12	immobilization 0-0-30 0-0-60 0-0-90 free
<b>Orthesenversorgung</b>	Tragedauer	no information number of weeks postoperative
	Art der Orthese	no information knee orthosis PTS knee brace
	Tag 1-3, Tag 4-7, w2, w3, w4, w5, w6, w7, w8, w9-10, w11-12, m4	yes no PTS knee brace
<b>CAM/CPM</b>	Tag 1-3, Tag 4-7, w2, w3, w4, w5, w6, w7, w8, w9-10, w11-12, m4	CAM recommended CPM recommended no recommendation
<b>Rehabilitatives Training</b>	„Start des Rehabilitativen Trainings“ „Start des Sportartspezifischen Trainings“	„1st postoperative week“ „2nd postoperative week“ (...) „after six months“

## 4. Ergebnisse

### 4.1. Epidemiologische Verteilung der Behandlungsrichtlinien

Abbildung 4.1.: Verteilung orthopädischer/unfallchirurgischer Einrichtungen mit verfügbaren Nachbehandlungsrichtlinien.

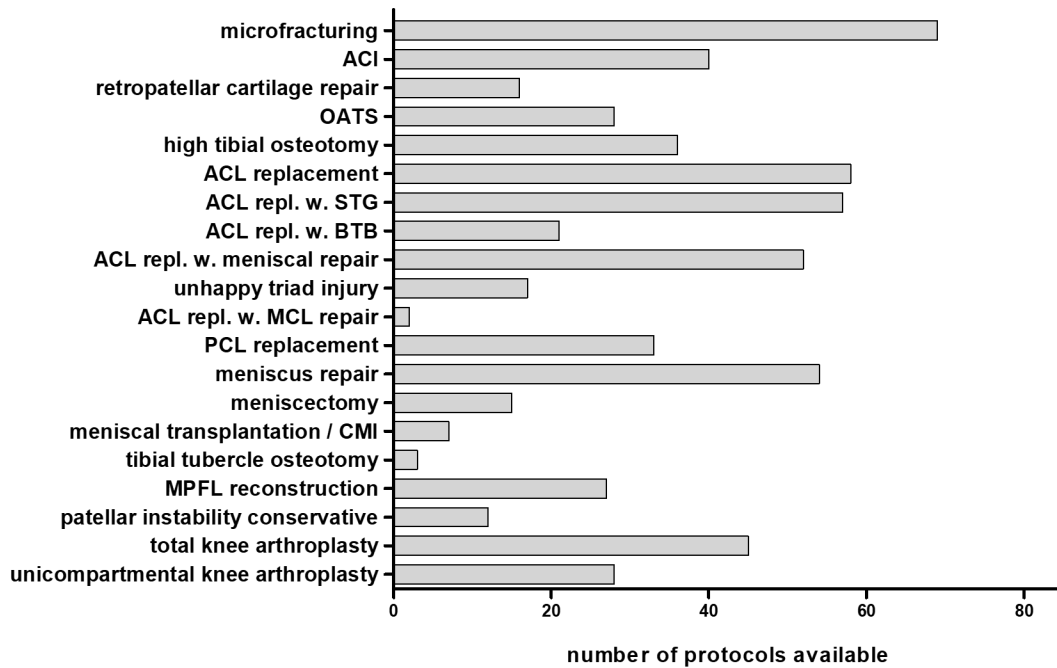


Die Nachbehandlungskonzepte stammen von 120 Institutionen aus Deutschland, Österreich und der Schweiz, die orthopädische und/oder unfallchirurgische Versorgung anbieten. Diese setzen sich aus 63 ambulanten Einrichtungen und 57 Kliniken zusammen, von denen wiederum 4 Kliniken universitäre Versorgungszentren sind (Abbildung 4.1). Insgesamt sind 620 Empfehlungen für die Nachbehandlung operativer Eingriffe am Kniegelenk in die Statistik mit aufgenommen worden. Die Empfehlungen sind gemäß ihrer Indikation zur Operation in 5 Hauptgruppen aufgeteilt worden (Tabelle 3.5). Diese umfassen die Reparatur und Rekonstruktion der knorpeligen Gelenkfläche des Kniegelenkes (189 Nachbehandlungsprotokolle), die VKB- und HKB-

#### 4. Ergebnisse

Plastik (240), die operative Versorgung von Defekten der Menisken (76), Eingriffe zur Stabilisierung der Patella (42) und die Endoprothetik (73). In der vorliegenden Arbeit werden die Ergebnisse der Analysen der Nachbehandlungsprotokolle zu den jeweiligen Hauptgruppen der Reihe nach vorgestellt.

Abbildung 4.2.: Anzahl der verfügbaren Nachbehandlungsprotokolle für die untersuchten operativen Versorgungen.



## 4.2. Nachbehandlung nach knorpelchirurgischen Eingriffen

Die Angaben „Mikrofrakturierung“, „ACT“ und „OCT“ (Osteochondrale Transplantation) beschränken sich auf die Hauptbelastungszone des Kniegelenkes, also das tibiofemorale Teilgelenk, wenn nicht anders angegeben.

Bei den Nachbehandlungsschemata zur Hohen Tibialen Umstellungsosteotomie sind bei 19 Empfehlungen „Umstellungsosteotomie mit Knorpelreparation“, bei einem Protokoll „Umstellungsosteotomie mit/ohne Knorpelreparation“ und bei 16 Protokollen „Umstellungsosteotomie“ ohne nähere Beschreibung angegeben worden. Aus Gründen der Übersichtlichkeit und aufgrund der Tatsache, dass innerhalb der unter-

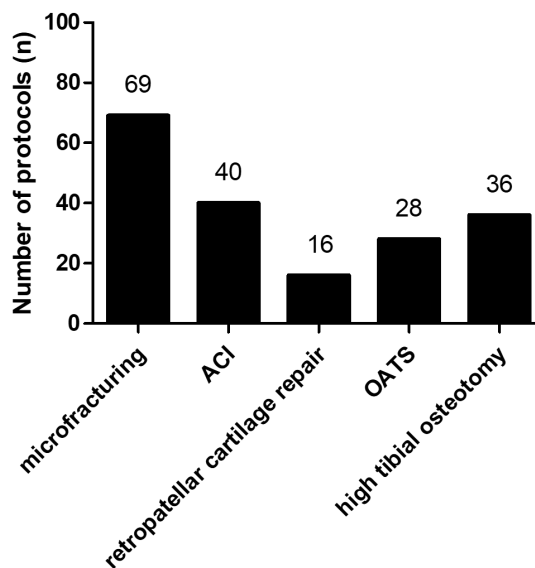


## 4. Ergebnisse

suchten Behandlungsrichtlinien der Großteil der Umstellungsosteotomien eine Knorpelreparation einschließt und die Indikation zur Entlastung der knorpeligen Gelenkflächen gestellt wird, wird diese Operation, die eher einer klassischen Osteosynthese entspricht, in der Kategorie „knorpelchirurgische Eingriffe“ aufgeführt.

### 4.2.1. Untersuchte Behandlungsrichtlinien

Abbildung 4.3.: Anzahl untersuchter Behandlungsrichtlinien nach knorpelchirurgischen Eingriffen.

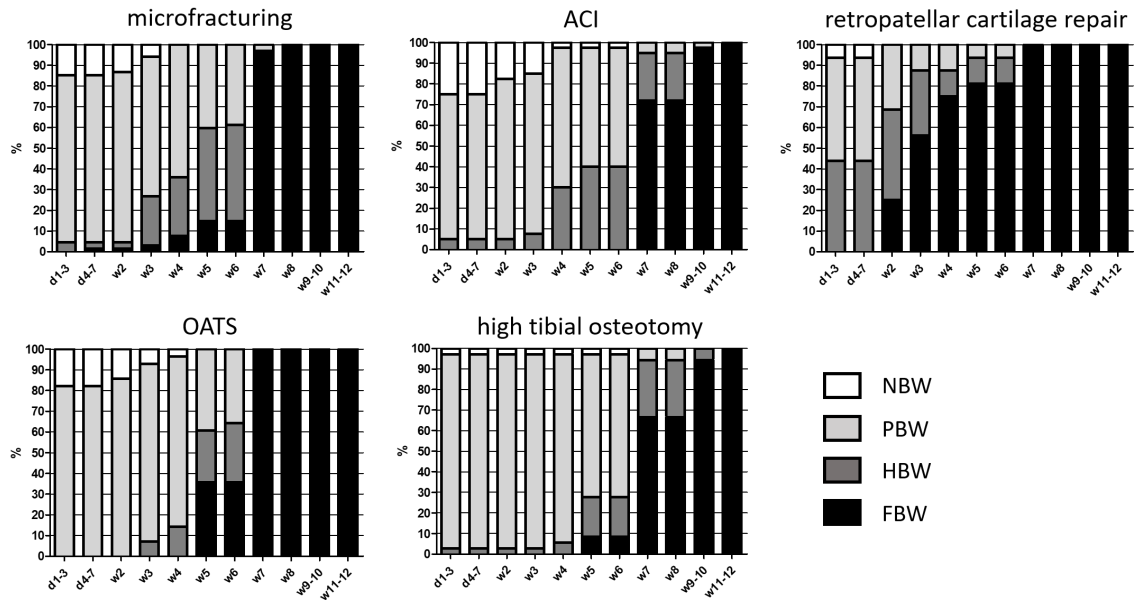


Es sind insgesamt 189 Nachbehandlungskonzepte nach knorpelchirurgischen Eingriffen am Kniegelenk analysiert worden (Abbildung 4.3). Darunter sind die operativen Versorgungstechniken der Mikrofrakturierung (*microfracturing*,  $n = 69$ ), der ACT (*ACI femoral*, 40), der retropatellaren Knorpeltherapie (*retropatellar cartilage repair*, 16), der OCT (*OATS, Osteoarticular Transfer System*, 28) und der Hohen Tibialen Umstellungsosteotomie (*high tibial osteotomy*, 36).

Unter dem Begriff der retropatellaren Knorpelbehandlung sind mehrere operative Versorgungstechniken zusammengefasst, die retropatellar bzw. im patellaren Gleitlager angewandt werden. Dazu zählen die ACT ( $n = 10$ ), die Mikrofrakturierung (1), die AMIC (1) und die nicht näher beschriebene retropatellare Knorpeltherapie (4).

### 4.2.2. Belastung

Abbildung 4.4.: Empfehlungen zur Belastung in Prozent der verfügbaren Protokolle in Abhängigkeit vom Zeitpunkt nach Operation.



#### Mikrofrakturierung

Die Freigabe der Belastung nach Mikrofrakturierung zeigt eine konstant progressive Steigerung. In den ersten 4 Wochen wird das betroffene Kniegelenk teilbelastet. In der 5. und 6. Woche wird zunehmend zur Belastung mit halbem Körpergewicht übergegangen, während hingegen die Vollbelastung durch den Großteil der Institutionen (80,6%) ab der 7. postoperativen Woche freigegeben wird.

#### ACT

Nach ACT in der Hauptbelastungszone wird während der ersten 6 Wochen keine Vollbelastung empfohlen. Während der 5. Woche lassen bereits 40,0 % der Operateure eine Belastung von über 20 kg bis zum halben Körpergewicht zu. Ab der 7. Woche geben schließlich 71,8 % die Vollbelastung frei, weitere 25,6 % ab der 9. Woche.

### **Retropatellare Knorpeltherapie**

Nach retropatellarer Knorpeltherapie erfolgt im Vergleich zu den anderen operativen Knorpeltherapien die Wiederbelastung sehr früh. Bereits während der ersten Woche empfehlen 43,3 % die Belastung mit dem halbem Körpergewicht. In der 3. Woche wird für mehr als die Hälfte der Patienten die Vollbelastung empfohlen (56,2 %). Weitere 25,0 % sind es ab der 5. Woche. Auffallend ist der progressive Anstieg der Belastung ohne erkennbare Meilensteine. Eine eindeutige Abstufung ist nicht festzustellen. Der Übergang von Entlastung zu Vollbelastung gestaltet sich sehr variabel.

### **OCT**

Nach OCT ist die erste Phase der Nachbehandlung durch eine vierwöchige Teilbelastung bestimmt. Auch wenn schon in Woche 5 und 6 knapp 36 % der Operateure die Vollbelastung empfehlen, so gibt die Mehrheit erst in der 7. Woche die Vollbelastung frei.

### **HTO**

Die Teilbelastung wird am häufigsten in den ersten 6 Wochen der Rehabilitation nach HTO empfohlen. Noch in der 4. postoperativen Woche werden bei über 91 % der Nachbehandlungsprotokolle nicht mehr als 20 kg Körpergewicht zugelassen. Ähnlich zur ACT und OCT ist auch hier ein Wechsel der therapeutischen Zielsetzung von Woche 6 auf 7 zu erkennen. Ab der 7. Woche lassen zwei Drittel die Vollbelastung zu.

## **4.2.3. Bewegungsausmaß**

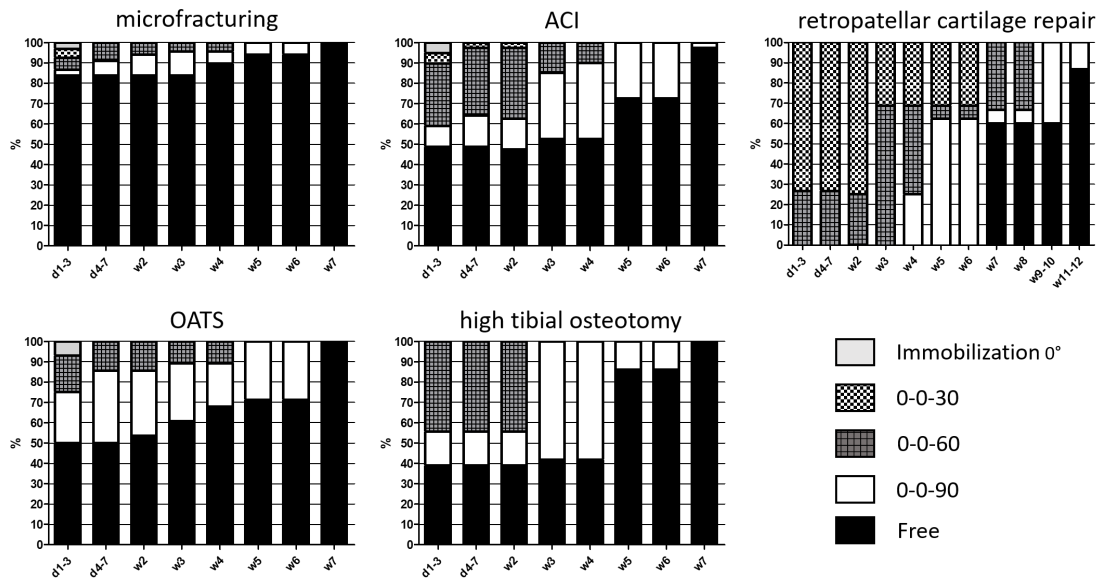
### **Mikrofrakturierung**

Nach Mikrofrakturierung im femorotibialen Kompartiment schränken lediglich 16,2 % der Operateure das Bewegungsausmaß in der ersten postoperativen Woche ein, mehr als 80 % lassen von Beginn an das operierte Kniegelenk frei beugen. Die Analyse zeigt eine weitestgehend einheitliche therapeutische Meinung zum uneingeschränkten Bewegungsausmaß nach Mikrofrakturierung.

**ACT**

Nach ACT hingegen zeigen sich zwei unterschiedliche Herangehensweisen. Während bereits unmittelbar nach Operation knapp die Hälfte (48,7%) der Nachbehandlungsrichtlinien die uneingeschränkte Flexion vorsieht, wird parallel eine restriktivere Variante empfohlen. Hierbei wird das Bewegungsausmaß ausgehend von 60° Flexion schrittweise um jeweils 30° erweitert, bis das volle Bewegungsausmaß von 120° + x in der 5. bzw. 7. Woche freigegeben wird.

Abbildung 4.5.: Empfehlungen zum Bewegungsausmaß in Prozent der verfügbaren Protokolle in Abhängigkeit vom Zeitpunkt nach Operation. Angaben der Legende in Grad und Neutral-0-Methode (Extension - Flexion).



**Retropatellare Knorpeltherapie**

Ein im Vergleich dazu insgesamt restriktiverer Umgang ist nach retropatellarer Knorpeltherapie zu sehen. In den ersten zwei Wochen wird das Bewegungsausmaß meist auf 0-30° eingeschränkt (Woche 2: 75,0 %) und schrittweise erweitert. Bis zur 6. postoperativen Woche wird eine Flexion bis 90° zugelassen. In der 7. Woche wird die Restriktion der Beugung von 60,0 % der Operateure aufgehoben. Erst ab der 11. Woche steigt der Anteil an Operateuren, welche das volle Bewegungsausmaß freigeben, weiter an (86,7 %).

### **OCT**

Die Freigabe des Bewegungsausmaßes nach OCT ist in etwa mit der nach ACT vergleichbar. Auch hierbei werden zwei Strategien verfolgt, wobei man nach OCT tendenziell früher das Bewegungsausmaß auf 90° Flexion ausweitet (ACT, Tag 1-3: 10,3 %; OCT, Tag 1-3: 25,0 %). Eine Erklärung dafür kann sein, dass die Operateure sich vom Knochen-Knochen-Kontakt eine höhere Primärstabilität gegenüber Scherkräften versprechen.

### **HTO**

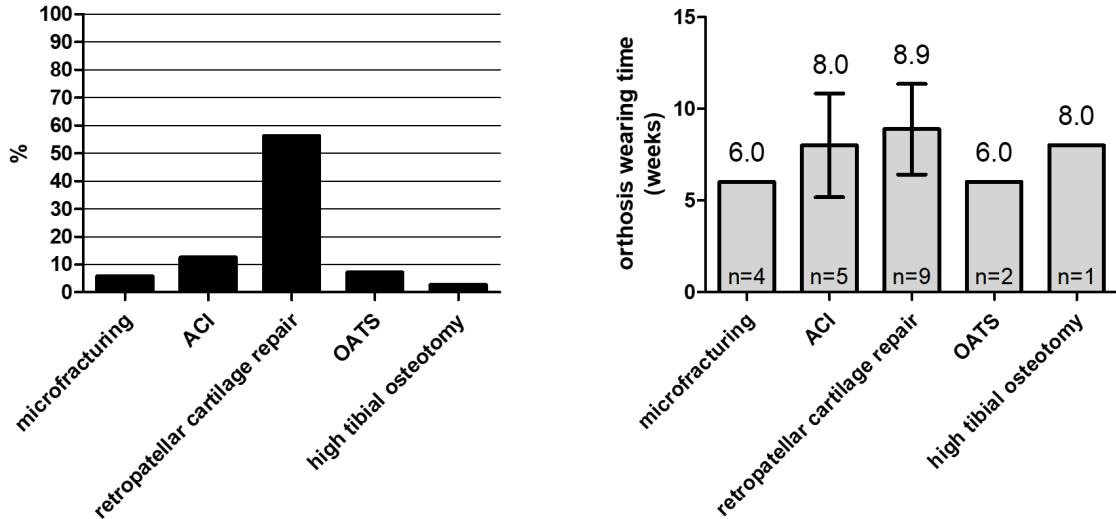
Während knapp 40 % unmittelbar nach HTO das volle Bewegungsausmaß freigeben, empfehlen fast ebenso viele Institutionen (44,4 %) initial eine Flexion bis 60°, welche ab der 3. Woche in 90° übergeht und ab der 5. Woche uneingeschränkt ist.

#### **4.2.4. Orthesenversorgung**

Eine Orthese wird nach knorpelchirurgischen Eingriffen in der Hauptbelastungszone nur vereinzelt empfohlen (Abbildung 4.6, links), da die stabilisierenden Strukturen des femorotibialen Gelenkes erhalten sind. Nach Eingriffen im retropatellaren Kompartiment ist bei mehr als der Hälfte (56,3 %) der Protokolle eine Orthesenversorgung des Kniegelenkes vorgesehen. Die durchschnittlich empfohlene Tragedauer beträgt hierbei 8,9 Wochen ( $\pm 2,33$  Wochen).

## 4. Ergebnisse

Abbildung 4.6.: *Links*: Prozentualer Anteil der Protokolle, welche Orthesenversorgung empfehlen, an der Gesamtheit der zur Indikation angebotenen Nachbehandlungsrichtlinien. *Rechts*: Durchschnittliche Tragedauer der Orthese mit Standardabweichung in Wochen.



### 4.2.5. Behandlung mit aktiver und passiver Bewegungsschiene

#### Mikrofrakturierung

In den ersten 3 Tagen nach femorotibialer Mikrofrakturierung empfehlen knapp 60 % der Protokolle eine Bewegungsschiene, 11,6 % empfehlen explizit eine CPM-Schiene. Von Tag 4-7 sind es bereits knapp 90 %, die eine Bewegungsschiene empfehlen. Das Training mit der aktiven Bewegungsschiene empfehlen 94,2 % für mindestens 6 Wochen, 50,8 % für mindestens 8 Wochen, 36,5 % für mindestens 10 Wochen und 7,9 % für 12 Wochen.

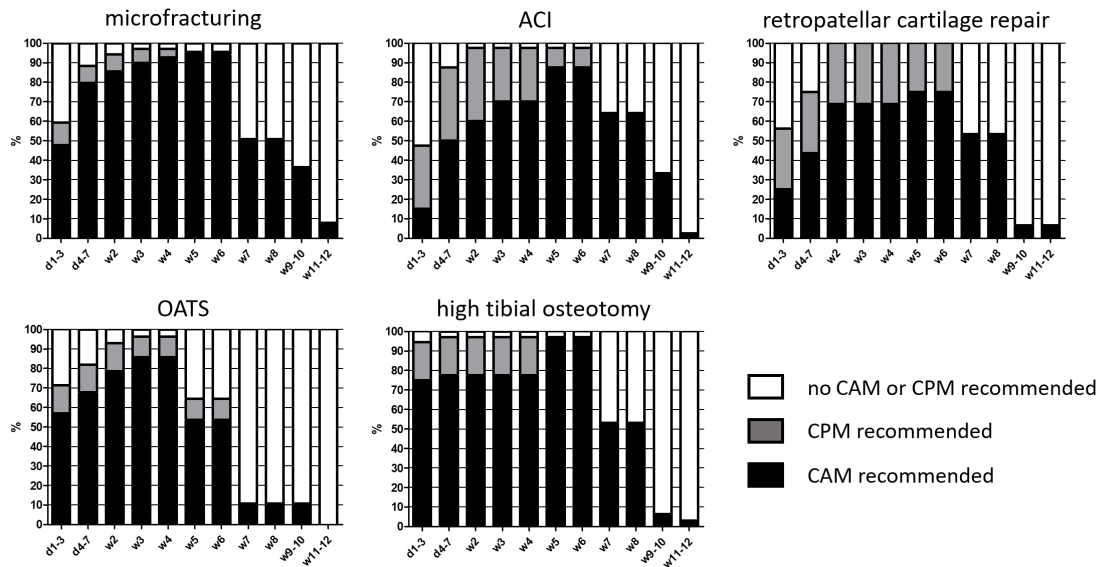
#### ACT

Nach ACT ist die Rate an Empfehlungen zu CPM erheblich höher, während zugleich die aktiven Bewegungsschienen weniger empfohlen werden. Nur 47,5 % der Protokolle enthalten in den ersten Tagen eine Empfehlung von Bewegungsschienen, knapp zwei Drittel davon rein passive Bewegungstherapie. Auch wenn im Gegensatz zur

## 4. Ergebnisse

Mikrofrakturierung in den ersten Wochen der Nachbehandlung aktive Bewegungsschienen seltener in der Nachbehandlung von ACT angewendet werden, so wird die aktive Übung über einen längeren Zeitraum empfohlen. 64,1 % der Richtlinien enthalten noch Empfehlungen zur aktiven Bewegungsschiene bis zur 10. postoperativen Woche.

Abbildung 4.7.: Empfehlungen zur Behandlung mit aktiver (CAM) oder passiver (CPM) Bewegungsschiene in Prozent der verfügbaren Protokolle im postoperativen Verlauf.



### Retropatellare Knorpeltherapie

Ein ähnliches Bild wie nach ACT in der Hauptbelastungszone zeigt sich nach retropatellarer Knorpeltherapie. Bei den untersuchten Protokollen wird in mindestens 10 von 16 Fällen eine ACT im Patellofemoralgelenk angewendet. Das erklärt die Ähnlichkeit in der Anwendung von CAM bzw. CPM. Allerdings sollte hier im Besonderen darauf geachtet werden, dass das dabei erreichte Bewegungsausmaß während der Bewegungstherapie nicht überschritten wird, um Scherkräfte zu vermeiden.

### OCT

Die Ergebnisse zur OCT lassen deutlich erkennen, dass die empfohlene Bewegungsschienen-Therapie im Vergleich zu anderen knorpelchirurgischen Eingriffen wesentlich

kürzer angesetzt wird. Bereits in der 5. Woche endet bei mehr als einem Drittel (35,7 %) der Protokolle die Bewegungsschienen-Therapie. In der 7. postoperativen Woche empfehlen 10,7 % der Operateure noch eine Bewegungsschiene. Der Gebrauch von Bewegungsschienen endet meist nach 6 Wochen. Nach der 6. Woche wird keine CPM-Therapie mehr empfohlen.

### **HTO**

Auffallend bei der Nachbehandlung mit einer Bewegungsschiene nach Umstellungsosteotomie ist der frühe Therapiebeginn bei 94,4 % der Institutionen. Im Vergleich zu den übrigen aufgeführten knorpelchirurgischen Operationstechniken ist das der höchste prozentuale Anteil in den ersten Tagen.

#### **4.2.6. Reha- und Sportartspezifisches Training**

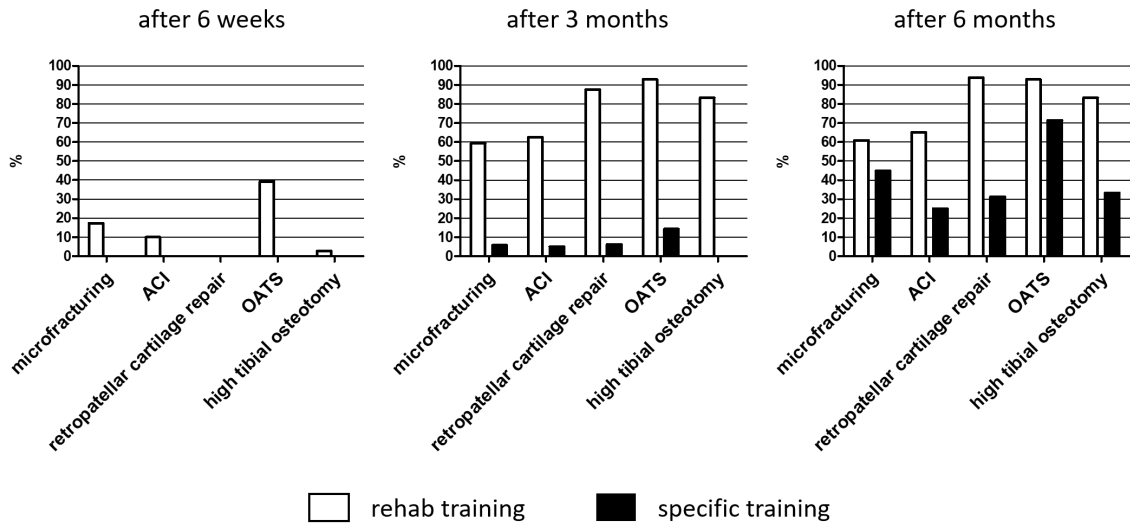
Nach 6 Wochen sehen 39,3 % der Protokolle für Patienten, die einer OCT im Kniegelenk unterzogen worden sind, ein Rehaspezifisches Training vor (v. a. Fahrrad-/Ergometertraining, Aquajogging), nach retropatellarer Knorpeltherapie oder nach Umstellungsosteotomie sind es 0 % bzw. 2,8 %.

3 Monate nach Operation steigt der prozentuale Anteil an Trainingsempfehlungen bei allen OP-Indikationen an. Sportartspezifisches Training (v. a. Lauftraining) wird ebenfalls nach 3 Monaten empfohlen. Den höchsten Anteil an Rehaspezifischen Trainingsempfehlungen zeigt die OCT (92,9 %), gefolgt von retropatellarer Knorpeltherapie (87,5 %) und der Umstellungsosteotomie (83,3 %). Derartige Empfehlungen nach ACT (62,5 %) und Mikrofrakturierung (59,4 %) sind weniger häufig. Sportartspezifische Trainingsempfehlungen bleiben bei Mikrofrakturierung, ACT, retropatellarer Knorpeltherapie und OCT bei unter 15 %, nach Umstellungsosteotomie ist auch nach 3 Monaten kein Sportartspezifisches Trainingsprogramm vorgesehen.



#### 4. Ergebnisse

Abbildung 4.8.: Prozentualer Anteil an Institutionen, welcher 6 Wochen, 3 Monate und 6 Monate nach Operation bereits Reha- bzw. Sportartspezifisches Training empfiehlt.



Rehaspezifisches Training beginnt meist innerhalb der ersten 3 Monate. Daher ändert sich der Anteil an Empfehlungen nach 6 Monaten nur geringfügig. Anders hingegen verhält es sich beim Sportartspezifischen Training. Der Anteil an Protokollen, die nach 6 Monaten ein Sportartspezifisches Training empfehlen, ist nach OCT mit 71,4 % am höchsten, gefolgt von der Mikrofrakturierung (44,9 %), der Umstellungsosteotomie (33,3 %), der retropatellaren Knorpeltherapie (31,3 %) und der ACT (25,0 %). Es ist davon auszugehen, dass der Anteil im weiteren Verlauf des Nachbehandlungszeitraums noch weiter ansteigen wird. Nach ACT - sowohl im Tibiofemoral- als auch im Patellofemoralgelenk - werden derartige Trainingseinheiten zum Großteil erst zu einem späteren Zeitpunkt empfohlen.

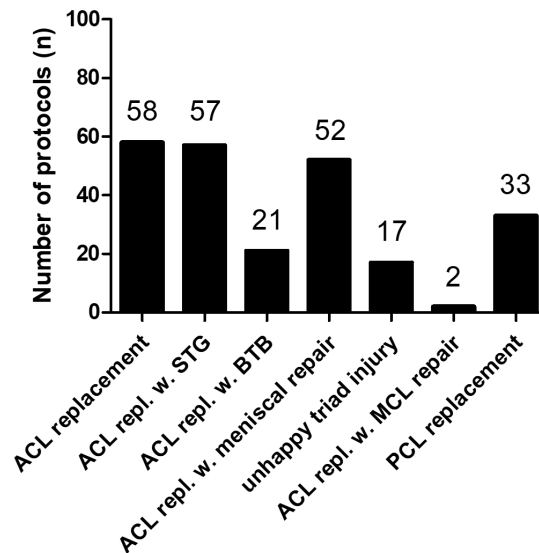
### 4.3. Nachbehandlung nach Vorderer und Hinterer Kreuzbandplastik

Es sind in dieser Studie nur Behandlungsrichtlinien nach operativer Therapie untersucht worden. Nicht jede Kreuzband-Rekonstruktion ist gleich zu behandeln. Die verschiedenen Techniken der Kreuzband-Ersatzplastik unterscheiden sich nicht nur in der Operationstechnik oder im Sehnenmaterial, welches für die Plastik verwendet wird, sondern hängen auch ab von den möglichen Begleitverletzungen, die im Zusammenhang mit der Ruptur des Kreuzbandes entstanden sind.

So ist nach operativer Versorgung einer Unhappy-triad-Verletzung aufgrund von Innenmeniskus- und Innenbandbeteiligung auf mehr Faktoren zu achten als nach Rekonstruktion eines isoliert rupturierten VKB. Daher wird in den Nachbehandlungsprotokollen anhand der Art der Plastik und der Begleitverletzungen die VKB-Plastik in verschiedene Kategorien eingeteilt.

#### 4.3.1. Untersuchte Behandlungsrichtlinien

Abbildung 4.9.: Anzahl untersuchter Behandlungsrichtlinien nach VKB- und HKB-Ersatzplastik.



Aufgrund der Häufigkeit von Kreuzband-Operationen liegen im Vergleich zu den anderen Hauptgruppen der Kniechirurgie hierfür die meisten Behandlungsrichtlini-

## 4. Ergebnisse

en vor (240). Insgesamt konnten 5 Untergruppen der VKB-Ersatzplastik analysiert werden. Neben der „standardmäßig durchgeführten“ VKB-Plastik ohne weitere Angaben zu Transplantat oder Begleitverletzungen (*ACL replacement*,  $n = 58$ ) wird in den Nachbehandlungsrichtlinien zwischen zwei Transplantaten unterschieden:

Diese sind die VKB-Plastik mit Semitendinosus-/Gracilissehne (*ACL replacement with STG*, 57) und mit Patellarsehne, der bone-tendon-bone-Technik (*ACL replacement with BTB*, 21). Man kann anhand der Verteilung der Protokolle (STG : BTB ca. 2,7 : 1) darauf schließen, dass das Transplantat der STG-Sehne im deutschsprachigen Raum weitaus häufiger verwendet wird als das Patellarsehnen-Transplantat. Es fließen zudem Protokolle in die Untersuchung mit ein, welche zusätzlich operativ versorgte Begleitverletzungen dokumentieren. Analysiert wurde die VKB-Plastik mit Meniskusbeteiligung (*ACL replacement with meniscal repair*, 52), die VKB-Plastik mit Innenbandbeteiligung (*ACL replacement with MCL repair*, 2) und die Nachbehandlung nach operativer Versorgung einer Unhappy-triad-Verletzung (*unhappy triad injury*, 17). Die HKB-Plastik (Hinteres Kreuzband, *PCL replacement*, 33) wird in den Protokollen bzgl. Transplantat und Begleitverletzungen nicht näher beschrieben und als weitere Kategorie geführt. Aufgrund der geringen Anzahl an Behandlungsrichtlinien ist die VKB-Plastik mit Innenbandbeteiligung nicht Teil der weiteren Analyse.

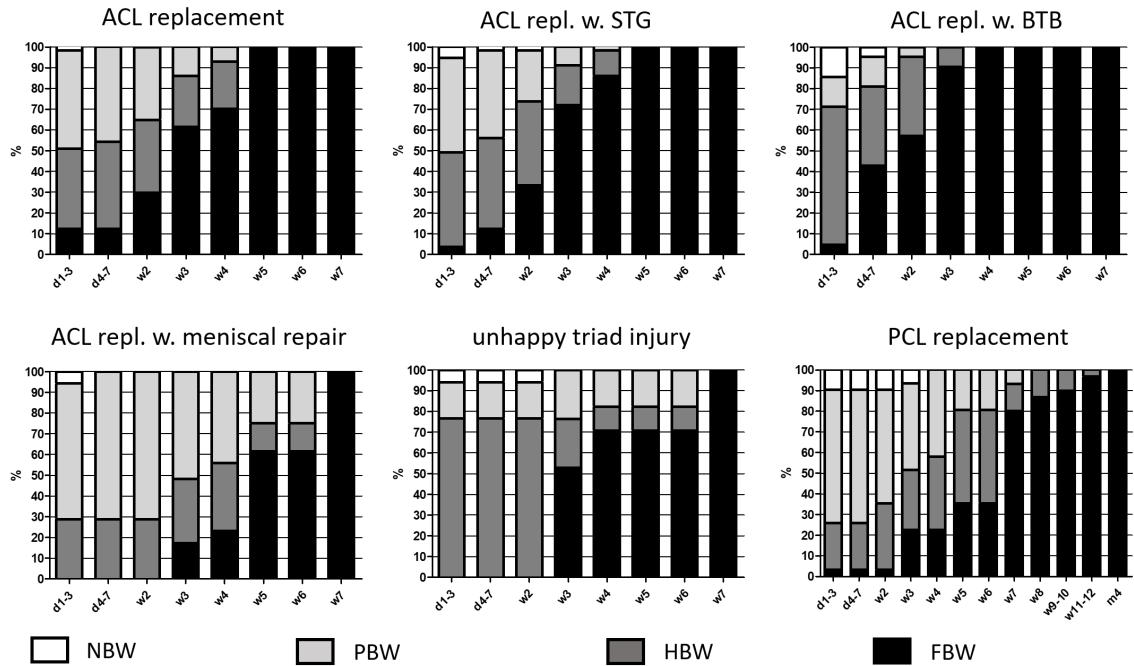
### 4.3.2. Belastung

#### VKB-Plastik allgemein

Nach einer standardmäßig durchgeführten VKB-Plastik erstreckt sich der Zeitraum der Belastungsrestriktion höchstens über den ersten Monat nach Operation. Während der ersten 3 Tage wird zu 47,4 % eine Teilbelastung unter 20 kg Körpergewicht und zu 38,6 % eine Belastung mit dem halben Körpergewicht empfohlen. Auffallend ist, dass während der Anfangsphase der Nachbehandlung alle möglichen Empfehlungen zur Gewichtsbelastung vorhanden sind: 1,8 % der Operierten sollen das Kniegelenk vollständig entlasten, 12,3 % der Operateure geben bereits die Vollbelastung frei. Analog dazu lässt sich dies ebenfalls bei der VKB-Plastik mit STG und BTB beobachten, ebenso bei der HKB-Plastik. Die Steigerung der Belastung erscheint bei der standardmäßigen VKB-Plastik, bei VKB-Plastik mit STG und BTB kontinuierlich progressiv, es sind keine einheitlichen Abstufungen bei zeitlich gesetzten Meilensteinen auszumachen. Ab der 3. Woche geben 61,4 % der Operateure die Vollbelastung

## 4. Ergebnisse

Abbildung 4.10.: Empfehlungen zur Belastung in Prozent der verfügbaren Protokolle in Abhängigkeit vom Zeitpunkt nach Operation.



frei und ab der 5. postoperativen Woche sind es alle Institutionen.

Es zeigt sich also, dass nach einer standardmäßig durchgeführten VKB-Rekonstruktion der Patient die Vollbelastung des Kniegelenkes innerhalb des ersten Monats erreicht.

### VKB-Plastik mit STG-Sehne

Die Abstufung der Belastung nach VKB-Plastik mit STG-Sehne ist sehr ähnlich zu derjenigen der standardmäßigen VKB-Plastik. Hier sehen in der 4. postoperativen Woche bereits 86,0 % der Nachbehandlungsrichtlinien die Vollbelastung vor, alle Operateure geben spätestens ab der 5. Woche die Vollbelastung frei.

### VKB-Plastik mit Patellarsehne

Nach VKB-Plastik mittels Patellarsehne scheint eine im Vergleich zum STG-Transplantat frühere Belastung möglich zu sein. Während nach VKB-Plastik mit STG der

#### 4. Ergebnisse

Großteil der Empfehlungen die Vollbelastung in der 3. Woche vorsieht, so ist dies nach VKB-Plastik mit Patellarsehne bereits in der 2. Woche der Fall.

##### **VKB-Plastik mit Meniskusbeteiligung**

Nach VKB-Ersatzplastik mit Versorgung von Begleitverletzungen des Innenbandes und/oder des Meniskus wird der Zeitraum der Belastungsrestriktion auf maximal 6 Wochen ausgeweitet - im Vergleich zu 4 Wochen nach einer isolierten VKB-Plastik (Abbildung 4.10). In den ersten beiden Wochen nach VKB-Plastik mit Meniskusrefixation sieht der Großteil der Nachbehandlungsprotokolle mit 65,4 % bzw. 71,2 % eine Teilbelastung mit maximal 20 kg Körpergewicht vor. Eine frühe Vollbelastung während der ersten beiden Wochen nach Operation wird sowohl bei VKB-Plastik mit Meniskusrefixation als auch nach Versorgung einer Unhappy-triad-Verletzung vermieden. Ab der 3. Woche lassen 17,3 % der Institutionen nach VKB-Plastik mit Meniskusrefixation die Vollbelastung zu, erst ab der 5. Woche sind es 61,5 %. Spätestens in der 7. postoperativen Woche geben alle Institutionen die Vollbelastung frei.

##### **VKB-Plastik nach Unhappy-triad-Verletzung**

Im Gegensatz zur VKB-Plastik mit Meniskusreparation ist die häufigste Empfehlung nach einer operativ versorgten Unhappy-triad-Verletzung während der ersten beiden Wochen die Belastung mit dem halben Körpergewicht (76,5 %). Ab der 3. Woche geben bereits mehr als die Hälfte der Operateure (52,9 %) die Vollbelastung frei, ab der 4. Woche sogar 70,6 %. Spätestens ab der 7. Woche wird die Vollbelastung empfohlen.

##### **HKB-Plastik**

Die Empfehlungen zur Belastung nach HKB-Plastik sind differenzierter zu betrachten. Innerhalb der ersten 6 postoperativen Wochen wird das Kniegelenk in einer Immobilisierungsschiene bzw. einer in Extension gesperrten Orthese belastet (Abbildung 4.13).

Wie schon bei der VKB-Plastik mit STG und BTB sind während der ersten Wochen der Nachbehandlung alle Stufen der Belastung vertreten. In den ersten 3 postoperativen Tagen geben knapp 10 % die Anweisung zur völligen Entlastung, 64,5 %

## 4. Ergebnisse

zur Teilbelastung, 22,6 % zur Belastung mit halbem Körpergewicht und 3,2 % zur Vollbelastung. Noch in der 3. Woche sind die Empfehlungen homogen verteilt (NWB: 6,5 %; PWB: 41,9 %; HBW: 29,0 %; FBW: 22,6 %). Ein größerer Anteil gibt in der 7. postoperativen Woche die Vollbelastung frei. Hier steigt der Anteil an Empfehlungen zur Vollbelastung von 35,5 % auf 80,0 % an. Der Zeitpunkt, zu dem mehr als 90 % der Institutionen die Vollbelastung empfehlen, liegt in der 11. bis 12. Woche. Erst im 4. Monat nach Operation lassen alle Institutionen die Vollbelastung zu.

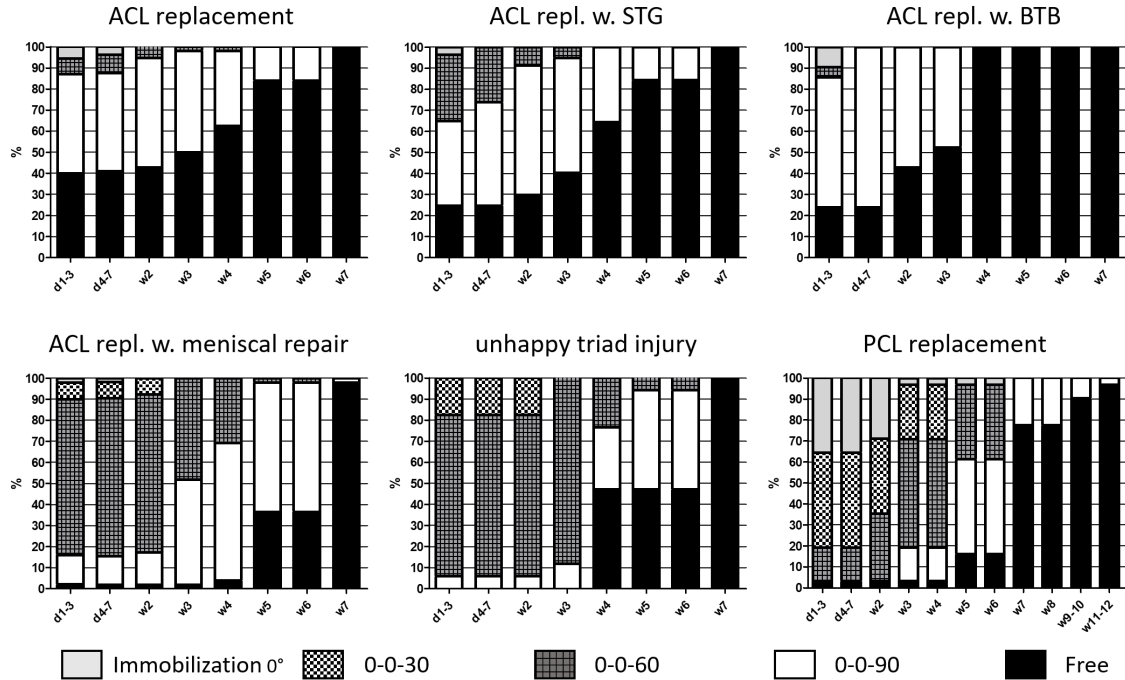
### 4.3.3. Bewegungsausmaß

#### VKB-Plastik allgemein

Der längste Zeitraum der empfohlenen Bewegungseinschränkung liegt sowohl bei der standardmäßigen VKB-Plastik als auch bei VKB-Plastik mit STG bei 6 Wochen. Ab der 7. Woche geben alle Institutionen das volle Bewegungsausmaß frei. Die Freigabe des Bewegungsausmaßes des operierten Kniegelenkes erscheint bei allgemeiner VKB-Plastik, VKB-Plastik mit STG und bei VKB-Plastik mit BTB konstant progressiv, ohne dass deutliche Stufen zu bestimmten Zeitpunkten zu erkennen sind. Das spricht - wie schon bei der Steigerung der Belastung (Abbildung 4.10) - dafür, dass dieses Modul der Nachbehandlung mehr durch Erfahrung oder individuelle Einschätzung der Operateure bestimmt wird. Nach VKB-Plastik ohne nähere Angaben zum Transplantat wird das Bewegungsausmaß des Kniegelenkes laut Nachbehandlungsprotokollen bei 40,0 % der nachbehandelten Patienten nicht eingeschränkt. Das Kniegelenk kann also bei Schmerzfreiheit frei bewegt werden. 47,2 % der Operateure stufen die Freigabe der Bewegungseinschränkung ab - von zunächst 90° Flexion auf das volle Bewegungsausmaß im Laufe der nächsten 6 Wochen.

## 4. Ergebnisse

Abbildung 4.11.: Empfehlungen zum Bewegungsausmaß in Prozent der verfügbaren Protokolle in Abhängigkeit vom Zeitpunkt nach Operation. Angaben der Legende in Grad und Neutral-0-Methode (Extension - Flexion).



### VKB-Plastik mit STG-Sehne

Im Vergleich zur standardmäßigen VKB-Plastik tendieren die Operateure bei einer VKB-Plastik mit STG zu einem etwas vorsichtigeren Umgang mit der Freigabe der Flexion. Während bei der standardmäßigen VKB-Plastik schon 41,1 % der Protokolle am Ende der ersten Woche die volle Beweglichkeit vorsehen, so sind es bei VKB-Plastik mit STG lediglich 24,6 % zu demselben Zeitpunkt. Gleichzeitig sind in diesem Zeitraum bei 26,3 % der mit STG-Transplantat versorgten Patienten maximal 60° Beugung erlaubt und bei knapp der Hälfte der Protokolle 90° (49,1 %). Es wird hier also deutlich, dass im Vergleich zur standardmäßigen VKB-Plastik eine restriktivere Behandlung des Kniegelenkes nach VKB-Plastik mit STG-Transplantat gewählt wird. Bezüglich des durchschnittlichen Zeitpunktes des Erreichens der Vollbelastung unterscheiden sich jedoch die beiden Gruppen nicht signifikant.

### **VKB-Plastik mit Patellarsehne**

Klar zu erkennen ist die deutlich frühere Freigabe des vollen Bewegungsausmaßes nach VKB-Plastik mit dem Patellarsehnen-Transplantat im Vergleich zur VKB-Plastik mit STG ( $p = 0,05$ ). Bereits in der 3. Woche sehen 52,4 % der Nachbehandlungsrichtlinien das volle Bewegungsausmaß der Flexion und Extension vor, während die anderen Protokolle eine Empfehlung zur Restriktion bis 90° Flexion enthalten. In der 4. postoperativen Woche geben alle Operateure nach VKB-Plastik mit BTB das volle Bewegungsausmaß frei.

### **VKB-Plastik mit Meniskusbeteiligung**

Nach VKB-Plastik mit Meniskusreparation wird das Bewegungsausmaß verzögert und stufenweise freigegeben. Es ist anhand der Graphen deutlich zu sehen, dass die Beugung des Kniegelenkes im Vergleich zur isolierten VKB-Ruptur verzögert an das volle Bewegungsausmaß herangeführt wird. Die Anfangsphase der Nachbehandlung ist gekennzeichnet durch eine Einschränkung der Flexion auf 60° in den ersten zwei Wochen (74 bzw. 75 %). Nur jeder 6. Operateur erlaubt initial eine Beugung von über 60°. In der 5. und 6. Woche wird zu 36,5 % die volle Beweglichkeit freigegeben, 61,5 % der Nachbehandlungsprotokolle sehen eine Beugung von maximal 90° vor. In der 7. Woche lassen 98,0 % die volle Beweglichkeit zu.

### **VKB-Plastik nach Unhappy-triad-Verletzung**

Zusätzlich zur Meniskusverletzung ist bei der Unhappy-triad-Verletzung ein Innenbandschaden zu berücksichtigen. Die Grafik zeigt eine ähnliche Abstufung wie diejenige nach isolierter Meniskusverletzung. Allerdings wird hier bereits in der 4. Woche nach Operation bei nahezu der Hälfte der Protokolle (47,1 %) die Einschränkung des Bewegungsumfanges aufgehoben.

### **HKB-Plastik**

Der restriktivste Umgang mit der Flexion des Kniegelenkes ist nach HKB-Plastik zu beobachten. Die erste postoperative Woche zeigt eine starke, protektive Einschränkung der Flexion (Immobilisierung in Streckung: 35,5 %; 0-0-30: 45,2 %; 0-0-60:



#### 4. Ergebnisse

16,1 %) aufgrund der Gefahr der posterioren tibialen Translation durch aktive Beugung der Hamstring-Muskulatur. In der 3. und 4. Woche sieht die knappe Mehrheit der Protokolle das Bewegungsausmaß bis 60° Flexion vor, während 25,8 % der Operateure noch die Flexion bis 30° empfehlen. Während der 5. und 6. Woche empfehlen 45,2 % der Nachbehandlungsrichtlinien, das Kniegelenk nicht über 90° zu beugen. Ab der 7. bzw. 8. Woche nach einer HKB-Plastik geben 77,4 % der Operateure das volle Bewegungsausmaß frei, während hingegen 22,6 % noch weitere zwei bzw. vier Wochen an der Restriktion bis 90° festhalten.

#### 4.3.4. Orthesenversorgung

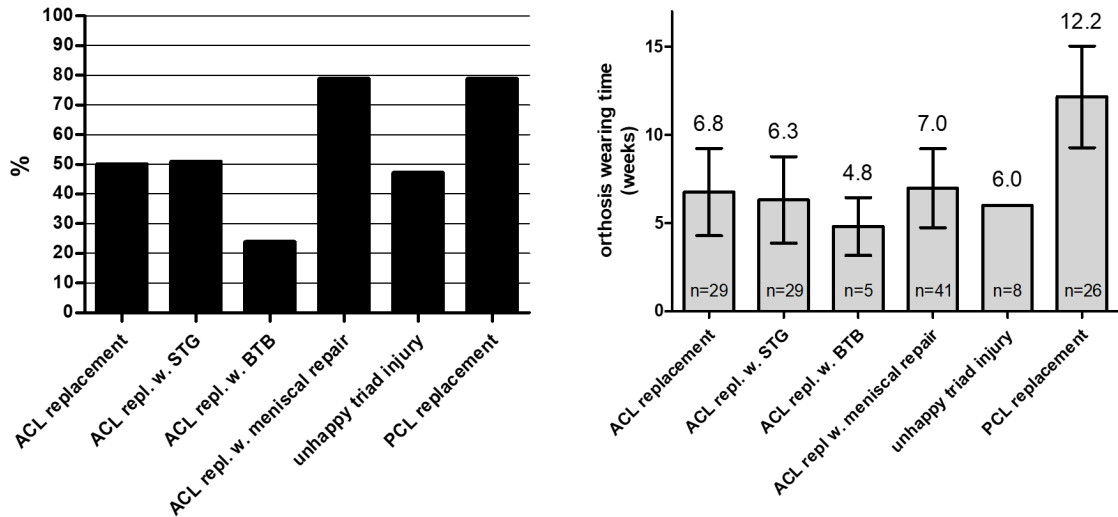
Die Empfehlung zum Tragen einer Orthese während der postoperativen Phase fällt bei den verschiedenen Operationstechniken sehr unterschiedlich aus:

Während nach VKB-Plastik mit STG ca. die Hälfte der Nachbehandlungsprotokolle (50,8 %) eine Orthesenversorgung vorsehen, so sind es nach VKB-Plastik mit BTB lediglich 23,8 %. Auch die durchschnittliche Tragedauer ist nach VKB-Plastik mit BTB im Vergleich zu einer Plastik mittels STG-Sehne deutlich kürzer (STG:  $6,3 \pm 0,46$  Wochen; BTB:  $4,8 \pm 0,73$  Wochen).

Auch wenn sich bei der Versorgung eines Patienten mit einer VKB-Plastik keine näheren Angaben zum Transplantat finden, so kann man aufgrund der vergleichbaren Ergebnisse schlussfolgern, dass für eine VKB-Plastik bei diesen Institutionen standardmäßig die STG-Sehne verwendet wird. Der prozentuale Anteil an Empfehlungen zur Orthesenversorgung ist zwischen der standardmäßig durchgeführten VKB-Plastik und der VKB-Plastik mit STG vergleichbar hoch. Auch die durchschnittliche Tragedauer der Orthese ist nicht signifikant unterschiedlich.

#### 4. Ergebnisse

Abbildung 4.12.: *Links*: Prozentualer Anteil der Protokolle, welche Orthesenversorgung empfehlen, an der Gesamtheit der zur Indikation angebotenen Nachbehandlungsrichtlinien. *Rechts*: Durchschnittliche Tragedauer der Orthese mit Standardabweichung in Wochen.

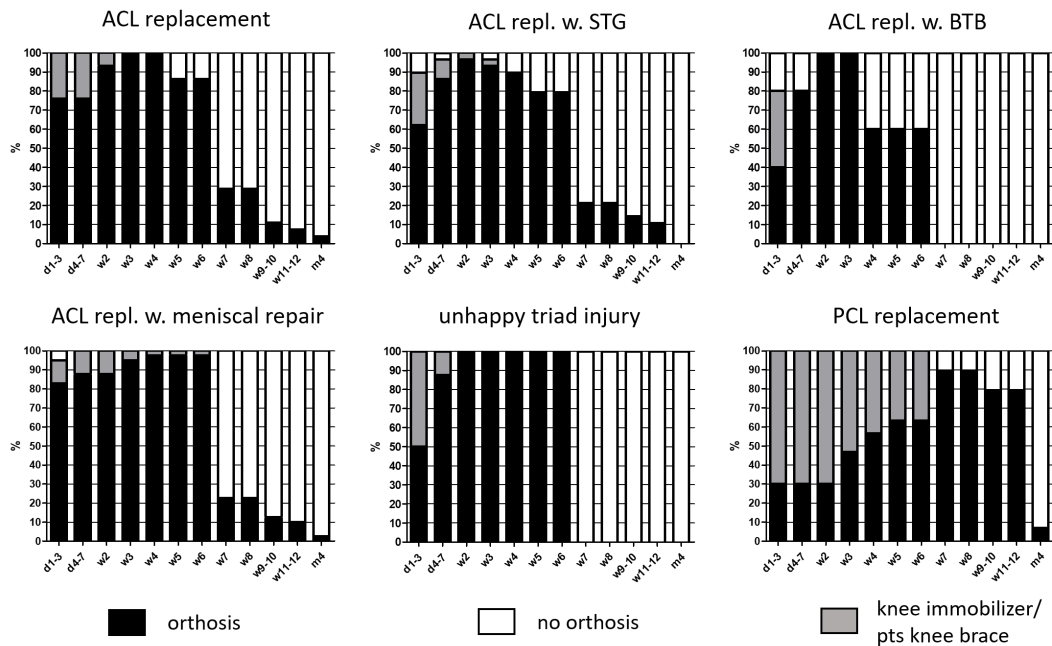


Der prozentuale Anteil der Empfehlungen zur Orthesenversorgung nach VKB-Plastik mit Meniskusbeteiligung (78,8 %) ist im Vergleich zu VKB-Rupturen ohne Begleitverletzungen höher. Überraschend ist daher die Tatsache, dass nach einer Unhappy-triad-Verletzung der Anteil im Vergleich dazu relativ gering ist (47,1 %).

Nach HKB-Plastik sehen 78,8 % der Nachbehandlungsrichtlinien eine Orthesenversorgung vor, mit einer durchschnittlichen Tragedauer von  $12,2 \pm 0,56$  Wochen. Die durchschnittliche Tragedauer nach einer HKB-Plastik ist gegenüber der Tragedauer nach einer standardmäßigen VKB-Plastik, einer VKB-Plastik mit STG, mit BTB oder nach einer VKB-Plastik mit Meniskusbeteiligung signifikant höher ( $p < 0,0001$ ). Nach VKB-Plastik ist im zeitlichen Verlauf der Orthesenversorgung eine deutliche Stufe nach 6 Wochen zu erkennen (Abbildung 4.13). Das betrifft auch die VKB-Plastik mit STG, BTB, die VKB-Plastik mit Meniskusbeteiligung und die VKB-Plastik nach Unhappy-triad-Verletzung. Das zeigt, dass nach einer VKB-Plastik am häufigsten die Empfehlung zu einer 6-wöchigen Orthesenversorgung gegeben wird.

## 4. Ergebnisse

Abbildung 4.13.: Empfehlungen zur Orthesenversorgung in Prozent der Nachbehandlungsrichtlinien, in Abhängigkeit vom Zeitpunkt nach Operation.



### VKB-Plastik allgemein und VKB-Plastik mit STG

Die standardmäßige VKB-Plastik und die VKB-Plastik mit STG ähneln sich im zeitlichen Verlauf deutlich. Die Verwendung einer Immobilisierungsschiene zu Beginn der postoperativen Phase ist vergleichbar hoch (Tag 1 bis 3, VKB-Plastik allgemein: 24,1 %; STG: 27,6 %). Der Anteil an Institutionen, der länger als 6 Wochen das Tragen einer Orthese empfiehlt, liegt nach standardmäßiger VKB-Plastik bei 28,6 % und nach VKB-Plastik mit STG bei 21,4 %.

### VKB-Plastik mit Patellarsehne

Da die Anzahl an Protokollen, die nach VKB-Plastik mit BTB eine Orthese vorsehen, mit  $n = 5$  gering ist, sind nur bedingt Aussagen möglich. Die kürzeste Tragedauer liegt bei 3 Wochen, die längste Tragedauer bei 6 Wochen.

##### **VKB-Plastik mit Meniskusbeteiligung**

Unter den VKB-Plastiken scheint die Orthesenversorgung nach VKB-Plastik mit zusätzlicher Meniskusrefixation oder -resektion die größte Bedeutung zu haben. Außerdem ist die Herangehensweise hier sehr einheitlich. Der bereits zuvor angesprochene Sprung nach der 6. Woche ist hier markant (w6: 100 %; w7: 22,5 %). Auch wenn die durchschnittliche Tragedauer bei  $7,0 \pm 0,35$  Wochen liegt, so zeigt die geringe Standardabweichung, dass der Großteil der Protokolle eine 6-wöchige Orthesenversorgung empfiehlt.

##### **VKB-Plastik nach Unhappy-triad-Verletzung**

Einheitlich gestaltet ist die Orthesenversorgung nach einer operativ versorgten Unhappy-triad-Verletzung. Alle 8 Protokolle sehen eine 6-wöchige Tragedauer vor, die Hälfte empfiehlt zusätzlich eine Versorgung mit einer Immobilisierungsschiene in den ersten Tagen nach der Operation.

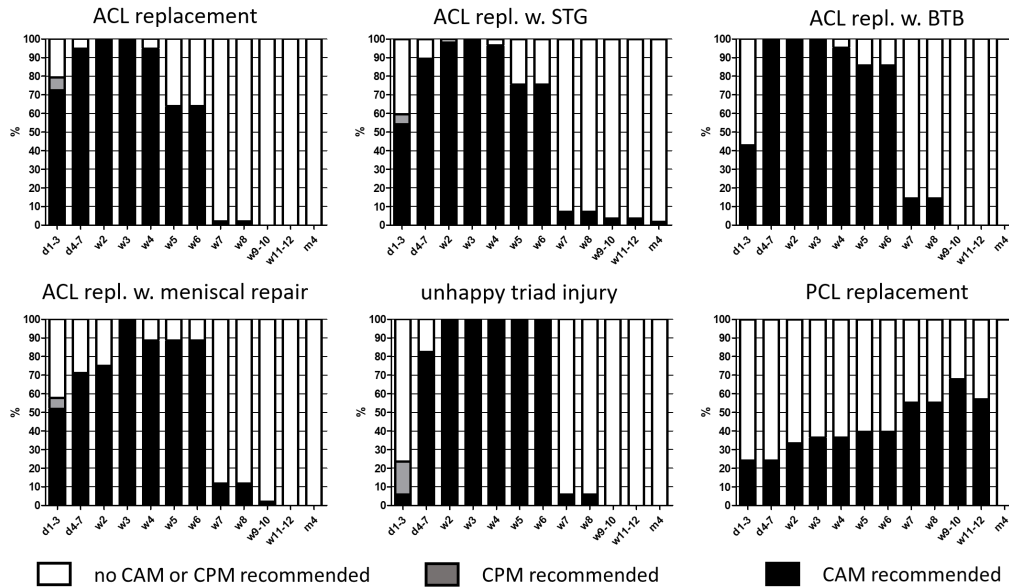
##### **HKB-Plastik**

Der Umgang mit einer Orthese unterscheidet sich nach einer HKB-Plastik deutlich von der nach VKB-Plastik. Die Tragedauer ist überwiegend mit 12 Wochen angegeben. Neben der längeren Tragedauer im Vergleich zur VKB-Plastik ist auch die Verwendung einer Immobilisierungs- bzw. PTS-Schiene häufiger. Diese wird ausschließlich während der ersten 6 Wochen angewendet. Danach erfolgt ein Wechsel auf eine HKB-Orthese. Zu Beginn der postoperativen Phase empfiehlt ein Anteil von 70,0 % eine PTS-Schiene, die Hälfte davon wechselt innerhalb der 3. bis spätestens 6. Woche auf die HKB-Orthese.

Die Empfehlungen zur Orthesenversorgung nach HKB-Plastik lassen ein standardisiertes Vorgehen erkennen, welches aus zwei Phasen besteht: Nach dem Tragen einer PTS-Schiene in Extension folgt in der zweiten Phase der Wechsel auf eine dynamische HKB-Orthese spätestens ab der 6. postoperativen Woche.

### 4.3.5. Behandlung mit aktiver und passiver Bewegungsschiene

Abbildung 4.14.: Empfehlungen zur Behandlung mit aktiver (CAM) oder passiver (CPM) Bewegungsschiene in Prozent der verfügbaren Protokolle im postoperativen Verlauf.



Insgesamt lässt sich erkennen, dass spezielle Angaben zu CPM nach kreuzbandchirurgischen Eingriffen im Vergleich zu knorpelchirurgischen Eingriffen seltener sind. Außerdem ist festzustellen, dass nach einer VKB-Plastik grundsätzlich die Empfehlung zu einer 6-wöchigen Nachbehandlung mit Bewegungsschienen überwiegt. Der zeitliche Verlauf ist für alle Arten der VKB-Plastik ähnlich: Auf eine bei einem größeren Anteil noch schonende Anfangsphase in der ersten Woche folgt eine Nachbehandlung mit Bewegungsschienen in der 2. bis 4. Woche. Danach sinkt der Prozentsatz meist ab und erfährt einen Abfall zur 7. Woche hin.

#### VKB-Plastik allgemein und VKB-Plastik mit STG

Nach standardmäßiger VKB-Plastik und nach VKB-Plastik mit STG ist die Nachbehandlung mit Bewegungsschienen sehr ähnlich. Während der ersten 3 Tage soll laut 79,3 % der Protokolle die CAMOPed<sup>®</sup>-Schiene angewendet werden, nach VKB-Plastik mit STG sind es 59,6 %. Der überwiegend gewählte Dauer der Therapie mit

#### 4. Ergebnisse

Bewegungsschienen liegt bei 6 Wochen. Bei beiden Graphen ist ein Übergang zu einer neuen Nachbehandlungsphase nach der 6. Woche zu erkennen.

##### **VKB-Plastik mit Patellarsehne**

In der Anfangsphase nach VKB-Plastik mit BTB ist deutlich zu erkennen, dass der Umgang mit Bewegungsschienen restriktiver ist: Nur 42,9 % der Operateure empfehlen in diesem Zeitraum eine Bewegungsschiene. Allerdings sehen alle Protokolle bereits in der zweiten Hälfte der ersten Woche die Behandlung mit einer CAM-Schiene vor. Dieser hohe Prozentsatz kann durch die größere Primärstabilität des BTB-Transplantats erklärt werden und erfordert im Vergleich zum STG-Transplantat eine kürzere Schonphase.

##### **VKB-Plastik mit Meniskusbeteiligung**

Schonender ist die Verordnung von Bewegungsschienen nach einer VKB-Plastik mit Meniskusbeteiligung zum Schutz der Meniskusnaht zu Beginn der postoperativen Phase. Hier liegt die Empfehlung in während der ersten 3 Tage bei 57,7 % und noch in der zweiten Woche bei 75,0 %, was den niedrigsten Prozentsatz unter den VKB-Plastiken darstellt.

##### **VKB-Plastik nach Unhappy-triad-Verletzung**

Die Nachbehandlung nach einer Unhappy-triad-Verletzung ist gerade während der ersten Tage nach der Operation sehr restriktiv: 76,5 % der Operateure verzichten auf eine Bewegungsschiene während dieser Zeit. Vom 4. bis 7. Tag hingegen sehen 82,4 % der Nachbehandlungsrichtlinien eine Behandlung mit CAMOPed<sup>®</sup> vor. Nahezu alle Institutionen (94,1 %) entscheiden sich für einen Nachbehandlungszeitraum von 6 Wochen.

##### **HKB-Plastik**

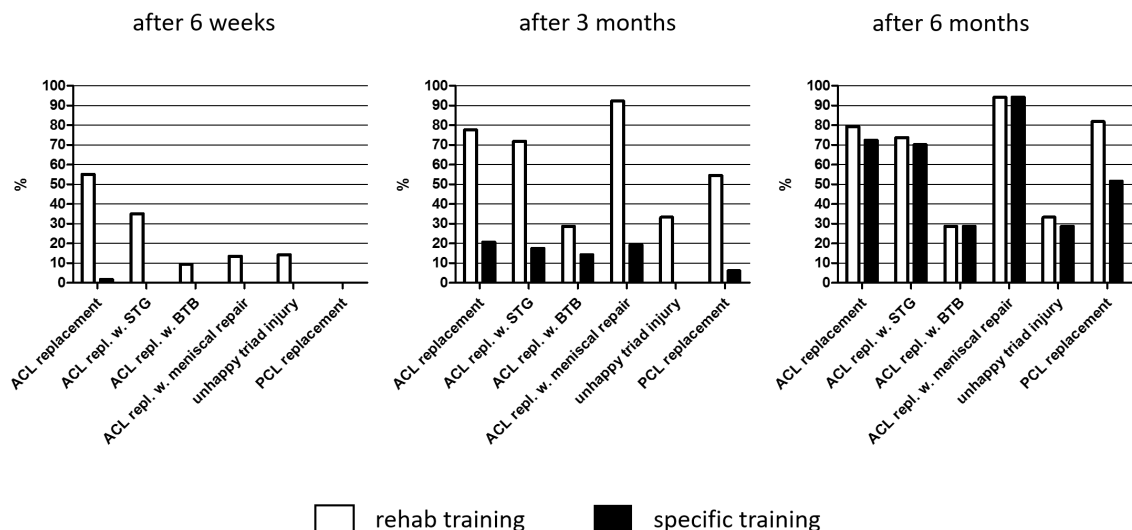
Die Verordnung von CAM-Schienen nach HKB-Plastik unterscheidet sich grundlegend von der nach einer VKB-Plastik. Der zeitliche Verlauf ist nahezu konträr zu demjenigen der VKB-Plastik. Der Zeitpunkt des Beginns von CAM-Training nach

## 4. Ergebnisse

HKB-Plastik ist unter den Institutionen nicht einheitlich zu sein: Während sich in den Tagen 1 bis 3 bereits 24,2 % der Operateure für eine Bewegungsschiene für ihre Patienten entscheiden, so steigert sich dieser Prozentsatz kontinuierlich bis zur 9. Woche auf 67,9 %. Noch in der 12. Woche nach Operation wird die Nachbehandlung mit einer aktiven Bewegungsschiene bei 57,1 % fortgesetzt. Ab dem 4. postoperativen Monat gibt es zu Bewegungsschienen keine Empfehlungen mehr. Man sieht hier sehr deutlich, dass eine Bewegungsschienen-Therapie nach HKB-Plastik tendenziell später und seltener zum Einsatz kommt als nach VKB-Plastik. 3 von 33 Institutionen geben überdies keine Empfehlung zur Versorgung mit Bewegungsschienen.

### 4.3.6. Reha- und Sportartspezifisches Training

Abbildung 4.15.: Prozentualer Anteil an Institutionen, welcher nach 6 Wochen, 3 Monaten und 6 Monaten bereits Reha- bzw. Sportartspezifisches Training empfiehlt.



Sechs Wochen nach einer standardisierten VKB-Plastik empfehlen bereits 55,1 % der Operateure ein Rehabilitatives Training (z.B. Ergometertraining, Spezielles Krafttraining). Nach einer STG-Plastik sind es 35,1 %. Grundsätzlich ist zu diesem Zeitpunkt zu beobachten, dass nach standardmäßiger VKB-Plastik und bei VKB-Plastik mittels STG Rehabilitatives Training schon breitflächig eingesetzt wird, während hingegen nach BTB-Technik-Operation oder bei zusätzlicher Meniskus- und/oder In-

#### 4. Ergebnisse

nenbandbeteiligung der prozentuale Anteil nicht über 15 % steigt. Nach HKB-Plastik werden noch keine Trainingsmaßnahmen empfohlen. Nach 3 Monaten erreichen die prozentualen Anteile der Empfehlungen zu Rehabilitativem Training nach VKB-Plastik ihr Maximum. Überraschend hierbei ist der geringe Anteil an Empfehlungen nach BTB-Technik (28,6 %) und nach einer Unhappy-triad-Verletzung (33,3 %). Außerdem liegen nach Unhappy-triad-Verletzung auch nach 3 Monaten noch keine Empfehlungen zu Sportartspezifischem Training vor, während die Anteile der anderen VKB-Plastik-Techniken zwischen 14,3 % (BTB) und 20,7 % (VKB-Plastik allgemein) liegen. Nach einer HKB-Plastik liegen die Anteile an Rehabilitativem Training bei 54,5 % und Sportartspezifischem Training bei 6,1 %.

Anhand der Ergebnisse ist erkennbar, dass insbesondere bei kombinierter Meniskusnaht zusätzlich ein allgemeines oder spezifisches Rehabilitationstraining innerhalb der ersten 6 Monate postoperativ empfohlen wird.

Tabelle 4.1.: Empfehlungen zu Beginn des Sportartspezifischen Trainings nach VKB-Plastik mit STG-Sehne und HKB-Plastik.

Beginn des Sportart- spezifischen Trainings	prozentualer Anteil der Richtlinien	
	VKB-Plastik mit STG	HKB-Plastik
Keine Angaben	29,8	45,5
7. Woche	5,3	/
9. Woche	3,5	/
10. Woche	5,3	/
11. Woche	/	6,1
12. Woche	3,5	/
<b>13. Woche</b>	<b>42,1</b>	9,1
14. Woche	1,8	/
<b>nach 4 Monaten</b>	/	<b>21,2</b>
nach 6 Monaten	8,8	15,2
nach 9 Monaten	/	3,0

Abbildung 4.15 zeigt, dass zwar Rehabilitatives Training nach 6 Monaten bereits durchgeführt wird, jedoch Sportartspezifisches Training (Übungen wie z.B. Jogging,



#### 4. Ergebnisse

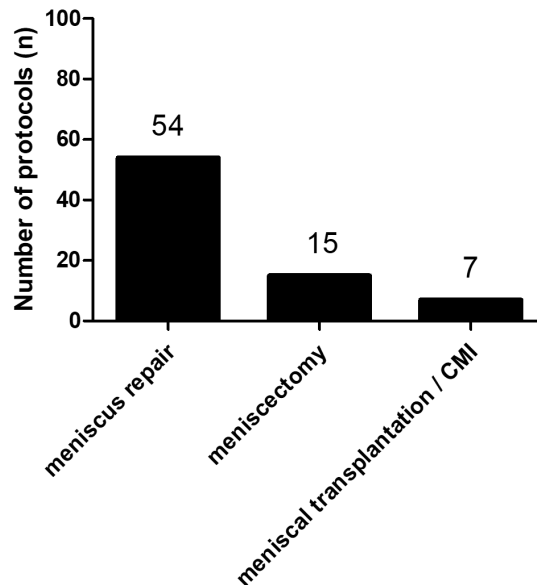
Einbeinsprung) meist erst zu einem späteren Zeitpunkt als nach VKB-Plastik empfohlen wird (vgl. dazu auch Tabelle 4.1).

## 4.4. Nachbehandlung nach operativer Versorgung der Menisken

### 4.4.1. Untersuchte Behandlungsrichtlinien

Innerhalb der Meniskuschirurgie wird der Nachbehandlungszeitraum nach 3 operativen Versorgungstechniken untersucht: Meniskusrefixation mittels Naht (*meniscus repair*), Meniskusresektion (*meniscectomy*) und Meniskusimplantation/CMI (*meniscal transplantation/CMI*). Unter der operativen Versorgung der Meniskusresektion ist eine partielle Meniskusresektion in Form einer Entfernung eingerissener und instabiler Meniskusanteile zu verstehen [11].

Abbildung 4.16.: Anzahl untersuchter Behandlungsrichtlinien nach operativer Versorgung der Menisken.



### 4.4.2. Belastung

#### Meniskusrefixation

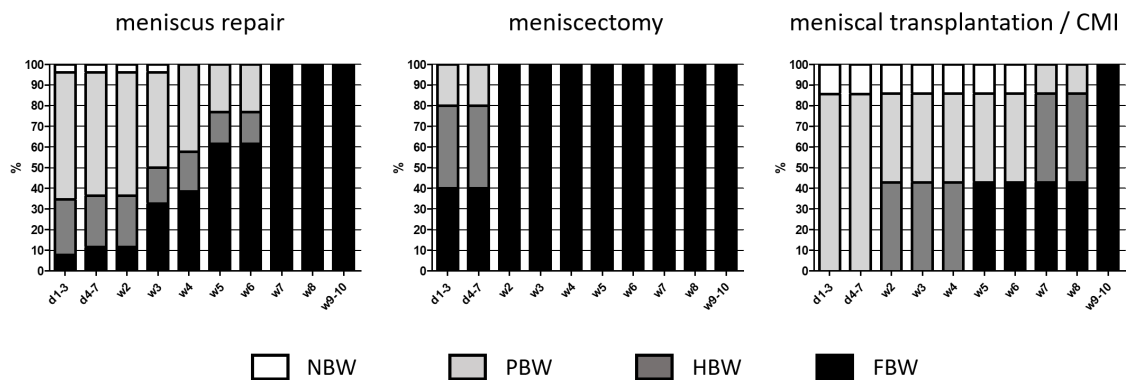
Die Progression der Belastung gestaltet sich je nach Institution sehr variabel (Abbildung 4.17). In der Anfangsphase (w1-2) überwiegt die Teilbelastung bis 20 kg Körpergewicht. Jedoch ist die Spannweite der empfohlenen Gewichtsbelastung sehr

## 4. Ergebnisse

groß. Sie reicht von der Entlastung (3,8 %) bis zur Vollbelastung (7,7 %). Auch im weiteren Verlauf (w3-7) ist der Zeitpunkt, zu dem die Vollbelastung erreicht wird, sehr unterschiedlich gesetzt: Während rund 20 % der Patienten bereits in der 3. Woche das operierte Kniegelenk mit dem gesamten Körpergewicht belasten sollen, entscheiden sich knapp 40 % der Operateure dafür, den Übergang zur Vollbelastung erst in der 7. Woche zuzulassen.

Die Abstufung der Belastung nach Meniskusrefixation ähnelt gerade in den Wochen 3 bis 7 im Hinblick auf die Heterogenität der Empfehlungen der Abstufung nach VKB-Plastik mit zusätzlicher Meniskusrefixation (Abbildung 4.10).

Abbildung 4.17.: Empfehlungen zur Belastung in Prozent der verfügbaren Protokolle in Abhängigkeit vom Zeitpunkt nach Operation.



### Meniskusresektion

Nach einer Meniskusresektion kann eine sehr frühe Wiederbelastung mit dem gesamten Körpergewicht spätestens in der zweiten Woche erfolgen. Lediglich in der ersten postoperativen Woche reichen die Empfehlungen von Teilbelastung bis 20 kg Körpergewicht (20 %) bis zur Vollbelastung (40,0 %).

### Meniskusimplantation/CMI

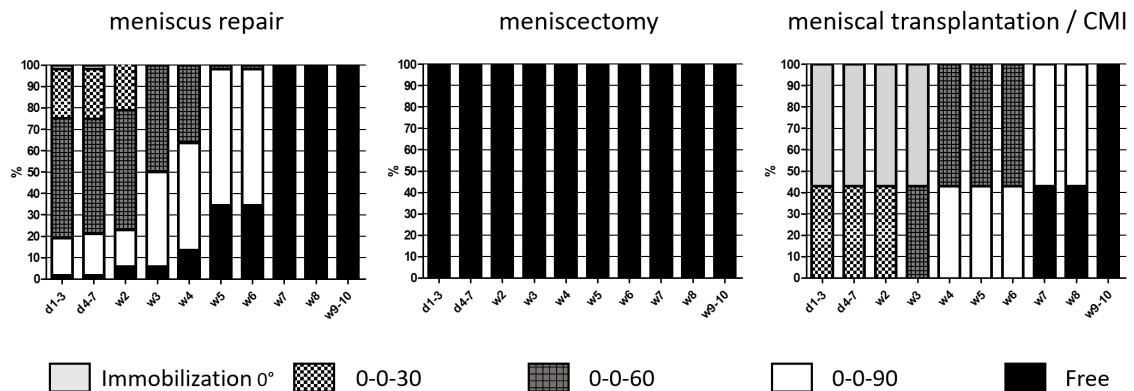
Nach einer Schonungsphase von 4 Wochen, in der eine Gewichtsbelastung mit dem halben Körpergewicht als Maximum empfohlen wird, geben manche Institutionen frühestens in der 5. Woche, andere spätestens in der 9. Woche die Vollbelastung frei. Die Rückkehr zur Vollbelastung erfolgt im Durchschnitt nach  $6,3 \pm 2,0$  Wochen.

## 4. Ergebnisse

Die Empfehlungen zur Gewichtsbelastung sind heterogen, trotz der vergleichsweise geringen Anzahl an untersuchten Nachbehandlungsrichtlinien ( $n = 7$ ). Ein Standard ist nicht auszumachen.

### 4.4.3. Bewegungsausmaß

Abbildung 4.18.: Empfehlungen zum Bewegungsausmaß in Prozent der verfügbaren Protokolle in Abhängigkeit vom Zeitpunkt nach Operation. Angaben der Legende in Grad und Neutral-0-Methode (Extension - Flexion).



### Meniskusrefixation

Die Versorgung des Meniskus mittels Naht erfordert eine postoperative Schonung, und zwar weniger in Form einer Gewichtsreduktion, sondern mehr in Form einer Restriktion des Bewegungsausmaßes der Flexion, da die Scherkräfte, welche auf die Menisken wirken, erst mit zunehmender Flexion ansteigen. Der Zeitraum der Restriktion erstreckt sich analog zur Abstufung der Belastung (Abbildung 4.17) über maximal 6 Wochen.

Während der ersten zwei Wochen wird die Flexion zumeist auf 60° eingeschränkt (55,8 %) und im weiteren Verlauf in Stufen von 30° erweitert, bis das volle Bewegungsausmaß wiederhergestellt ist. Der Zeitpunkt der Übergänge gestaltet sich unterschiedlich. Lediglich der Zeitpunkt des Erreichens des vollständigen Bewegungsausmaßes ist für gut zwei Drittel (65,4 %) der Institutionen in der 7. postoperativen Woche angesetzt und scheint einen gewissen Konsens in der Nachbehandlung widerzuspiegeln.

### **Meniskusresektion**

Nach Meniskusresektion ist den Ergebnissen der Untersuchung nach keine Einschränkung der Beugung im postoperativen Verlauf nötig und wird in keiner Nachbehandlungsrichtlinie empfohlen. Je nach Schwellung des Kniegelenkes in den Tagen nach der Operation soll das operierte Kniegelenk frei flektiert werden.

### **Meniskustransplantation/CMI**

Während der ersten 3 postoperativen Wochen wird das operierte Kniegelenk zum Schutz des eingesetzten Implantats zumeist in einer in 0° fixierten Orthese ruhiggestellt (Abbildung 4.20), doch auch eine Beugung bis zu 30° ist in diesem Zeitraum manchen Richtlinien zu entnehmen.

Es folgt in den nächsten Wochen ein schrittweiser Übergang zu 60° bzw. 90° Flexion, bis dann frühestens in der 7. und spätestens in der 9. Woche das volle Bewegungsausmaß von den Operateuren freigegeben wird. Der Zeitpunkt, zu dem durchschnittlich das volle Bewegungsausmaß empfohlen wird, liegt bei  $7,1 \pm 1,0$  Wochen.

### **4.4.4. Orthesenversorgung**

#### **Meniskusrefixation**

Da bei einem isolierten Einriss des Meniskus die Stabilität des Kniegelenkes in Sagittal-, Transversal- und Coronarebene nicht gefährdet ist, ist eine Versorgung mit einer Orthese zur Stabilisierung nicht nötig. Die Notwendigkeit der Orthese besteht eher darin, dass durch eine Orthese die Flexion begrenzt werden kann und so Scherkräfte auf die Meniskusnaht verringert werden können. Ungefähr die Hälfte der Operateure (48,1 %) entscheiden sich für eine Orthesenversorgung. Die durchschnittlich empfohlene Tragedauer liegt dabei bei  $5,9 \pm 0,67$  Wochen (Abbildung 4.19).

Wie die Abbildung 4.20 erkennen lässt, ist die häufigste Empfehlung zur Dauer der Orthesenversorgung ein Zeitraum von 6 Wochen. Ungefähr ein Fünftel der Institutionen empfehlen das Anlegen einer Immobilisierungsschiene in den ersten 3 Wochen.

#### 4. Ergebnisse

Abbildung 4.19.: *Links*: Prozentualer Anteil der Protokolle, welche Orthesenversorgung empfehlen, an der Gesamtheit der zur Indikation angebotenen Nachbehandlungsrichtlinien. *Rechts*: Durchschnittliche Tragedauer der Orthese mit Standardabweichung in Wochen.

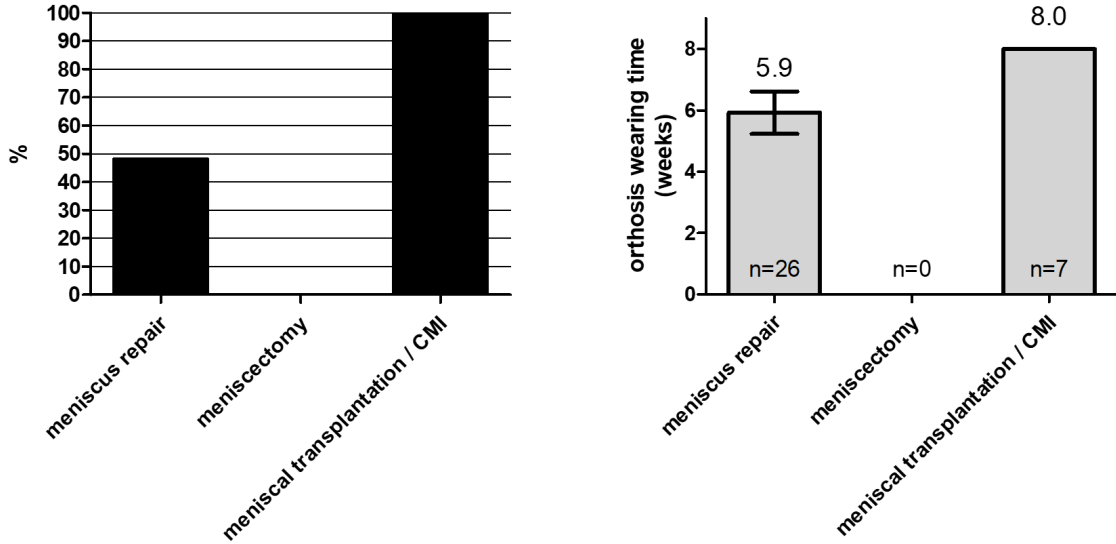
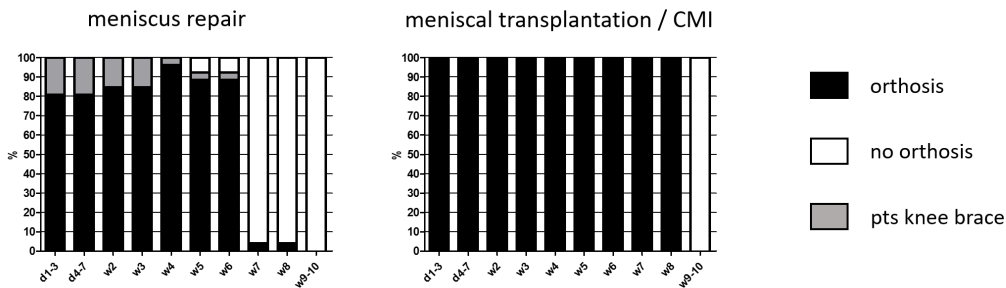


Abbildung 4.20.: Empfehlungen zur Orthesenversorgung in Prozent der Nachbehandlungsrichtlinien, in Abhängigkeit vom Zeitpunkt nach Operation.



#### Meniskusresektion

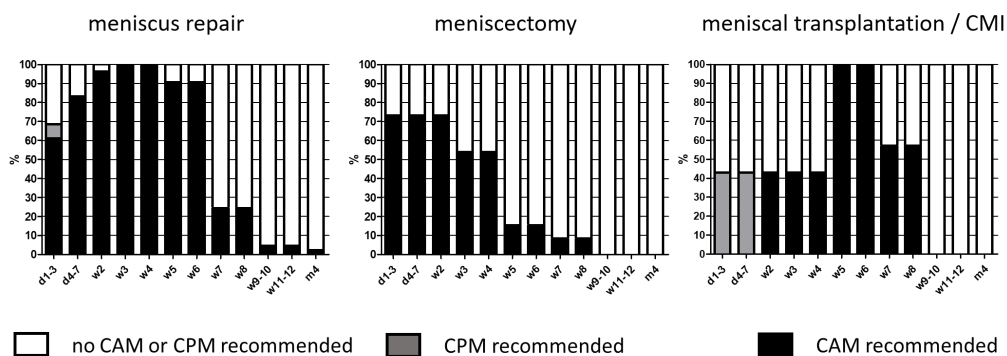
Nach Meniskusresektion wird keine Orthesenversorgung empfohlen.

## Meniskusimplantation/CMI

Im Gegensatz zu den Empfehlungen zu Gewichtsbelastung und Bewegungsausmaß ist die zur Orthesenversorgung einheitlich. Jeder Patient wird nach einer Meniskusimplantation über einen Zeitraum von 8 Wochen mit einer Orthese versorgt.

### 4.4.5. Behandlung mit aktiver und passiver Bewegungsschiene

Abbildung 4.21.: Empfehlungen zur Behandlung mit aktiver (CAM) oder passiver (CPM) Bewegungsschiene in Prozent der verfügbaren Protokolle im postoperativen Verlauf.



## Meniskusrefixation

Die Nachbehandlung mit einer Bewegungsschiene erfolgt zum größten Teil innerhalb der ersten 6 postoperativen Wochen, wobei ungefähr 30 % der Patienten die Anwendung erst in der zweiten Hälfte der ersten Woche oder in der zweiten Woche beginnen sollen. Knapp ein Viertel der Institutionen empfehlen das Bewegungstraining noch weitere zwei Wochen, vereinzelt Therapieempfehlungen bestehen noch für den 3. und 4. Monat nach operativer Refixation des Meniskus.

## Meniskusresektion

Nach Meniskusresektion wird von Dreiviertel der Operateure eine Therapie mit Bewegungsschienen angewendet. Der Zeitraum der aktiven Bewegungstherapie erstreckt sich - in Relation zu den Institutionen, welche CAM oder CPM empfehlen - über

## 4. Ergebnisse

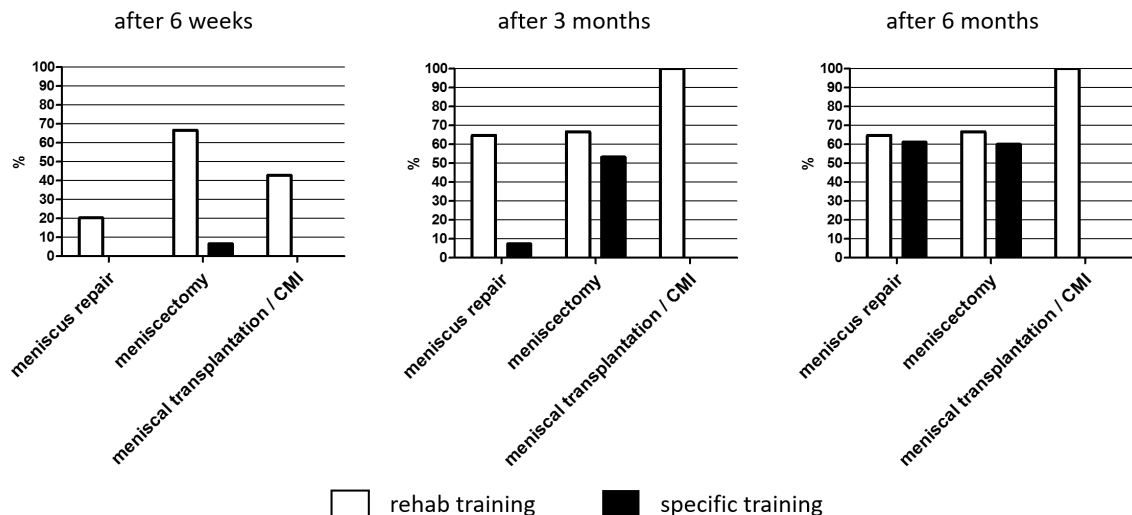
2 Wochen (26,6 %), 4 Wochen (52,4 %), 6 Wochen (9,7 %) oder maximal 8 Wochen (11,3 %). Man erkennt, dass das Maximum der Empfehlungen zur Bewegungsschientherapie - im Gegensatz zu allen anderen Nachbehandlungen nach operativen Versorgungen des Kniegelenkes - bereits in den ersten beiden Wochen der Nachbehandlung erreicht wird. Die Therapie beginnt hierbei also unmittelbar nach Operation und wird dann bis zu einem variablen Zeitpunkt fortgesetzt.

### Meniskusimplantation/CMI

Allen Patienten wird nach einer Meniskustransplantation eine Nachbehandlung mittels Bewegungsschienen-Therapie empfohlen, wobei der Beginn dieser Therapie unterschiedlich angesetzt ist. Während 3 von 7 Institutionen eine passive Bewegungsschiene bereits unmittelbar nach der Operation empfehlen, wird von den übrigen Einrichtungen die Therapie in der 5. postoperativen Woche mit einer aktiven Bewegungsschiene begonnen. Die maximale Therapiedauer beträgt 8 Wochen. In der ersten Woche wird entweder keine Bewegungsschienen-Therapie oder eine rein passive Bewegungstherapie empfohlen.

### 4.4.6. Reha- und Sportartspezifisches Training

Abbildung 4.22.: Prozentualer Anteil an Institutionen, welcher nach 6 Wochen, 3 Monaten und 6 Monaten bereits Reha- bzw. Sportartspezifisches Training empfiehlt.





### **Meniskusrefixation**

Der Anteil an Institutionen, welche bereits nach 6 Wochen ein Rehabilitatives Training empfehlen, liegt bei 20,4 %. Der späteste Beginn des Rehabilitativen Trainingsprogramms liegt in der 9. Woche. Knapp zwei Drittel der Nachbehandlungsrichtlinien geben Empfehlungen zu Rehabilitativem Training.

Sportartspezifisches Training (z.B. Lauftraining, Koordinationsübungen) wird frühestens in der 7. Woche und spätestens nach 6 Monaten empfohlen, wobei der Beginn des Sportartspezifischen Trainings meist zu Beginn des 4. postoperativen Monats empfohlen wird.

### **Meniskusresektion**

Nach Meniskusresektion ist der Beginn des Rehabilitationstrainings zwischen der 3. und der 5. postoperativen Woche angesetzt. Anspruchsvollere Trainingseinheiten werden frühestens in der 3. Woche, spätestens in der 13. Woche, doch größtenteils in der 9. Woche empfohlen.

Festzustellen ist wie schon aufgrund der vorherigen Ergebnisse zu Belastung und Bewegungsausmaß zu erwarten war ein im Vergleich zur Meniskusrefixation früherer Beginn der sportlichen Rehabilitation.

### **Meniskusimplantation/CMI**

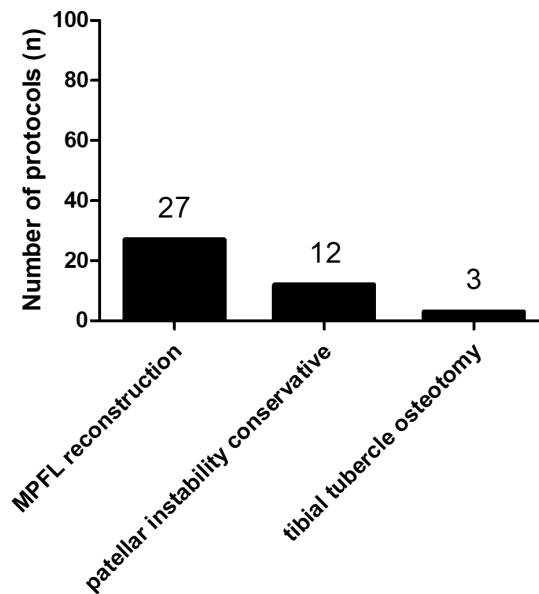
Der Beginn des Rehabilitativen Trainings liegt bei allen Institutionen zwischen der 5. und 9. Woche. Empfehlungen zu Sportartspezifischem Training fehlen innerhalb der ersten 6 Monate.

## 4.5. Nachbehandlung nach operativer und konservativer Versorgung des patellofemorales Gelenkes nach Patellaluxation

### 4.5.1. Untersuchte Behandlungsrichtlinien

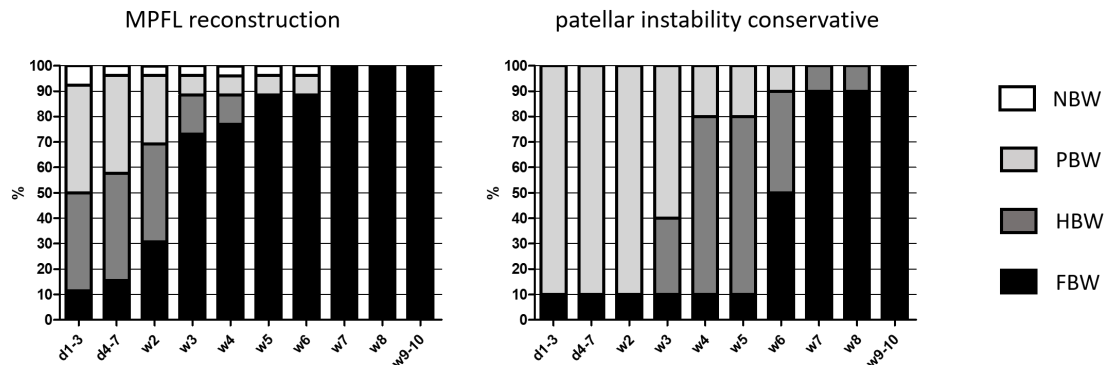
Neben den operativen Versorgungstechniken der Tuberositas-Osteotomie (*tibial tubercle osteotomy*,  $n = 3$ ) und der MPFL-Rekonstruktion (Mediales Patellofemorales Ligament, *MPFL reconstruction*, 27) kann in dieser Hauptgruppe mit der konservativen Therapie bei patellarer Instabilität (*patellar instability conservative*, 12) eine nichtoperative Therapie untersucht werden (s. Abbildung 4.23). Aufgrund der geringen Anzahl an Protokollen für die Nachbehandlung nach Tuberositas-Osteotomie ist eine statistische Auswertung nicht aussagekräftig. Daher wird diese operative Versorgung im weiteren Verlauf nicht aufgeführt.

Abbildung 4.23.: Anzahl untersuchter Behandlungsrichtlinien nach operativer und konservativer Versorgung des patellofemorales Gelenkes.



### 4.5.2. Belastung

Abbildung 4.24.: Empfehlungen zur Belastung in Prozent der verfügbaren Protokolle in Abhängigkeit vom Zeitpunkt nach Operation/Therapiebeginn.



#### MPFL-Rekonstruktion

Die Abstufung der Belastung nach MPFL-Rekonstruktion gestaltet sich sehr variabel. Während der ersten postoperativen Woche wird zu jeweils ca. 40 % eine Teilbelastung oder die Belastung mit halbem Körpergewicht, also jenseits der 20 kg Körpergewicht, empfohlen. Bezüglich des Zeitpunktes des Erreichens der Vollbelastung gibt es verschiedene Ansätze (Tabelle 4.2). Es ist deutlich zu erkennen, dass es innerhalb des Zeitraumes von den ersten Tagen nach Operation bis hin zur 7. postoperativen Woche eine sehr homogene Verteilung bezüglich des frühesten Zeitpunktes der Vollbelastung gibt. Der größte Anteil (42,3 %) setzt diesen in der 3. Woche.

#### Konservative Therapie bei patellarer Instabilität

Wesentlich restriktiver zeigt sich die konservative Therapie bei patellarer Instabilität hinsichtlich der Belastung. In den ersten 3 Wochen dominiert die Empfehlung zur Teilbelastung mit weniger als 20 kg Körpergewicht bei einer Flexion bis maximal 30°, während in der 4. bis 5. Woche die Belastung mit dem halben Körpergewicht bei Flexion bis zu 60° am meisten empfohlen wird (Abbildung 4.25). In der 6. Woche kann die Hälfte der Patienten bereits wieder voll belasten, 40 % belasten das Kniegelenk weiterhin mit dem halben Körpergewicht. Ab der 7. Woche empfehlen bereits 90 % der Protokolle die Vollbelastung, spätestens ab der 9. Woche ist die Belastungsrestriktion aufgehoben.

Tabelle 4.2.: Empfehlungen zum frühesten Zeitpunkt der vollen Belastung des operierten Kniegelenkes nach MPFL-Plastik.

Frühester Zeitpunkt der Vollbelastung	Prozentualer Anteil der Richtlinien
Tag 1-3	11,5
Tag 4-7	3,9
2. Woche	15,4
<b>3. Woche</b>	<b>42,3</b>
4. Woche	3,8
5. Woche	11,6
7. Woche	11,5

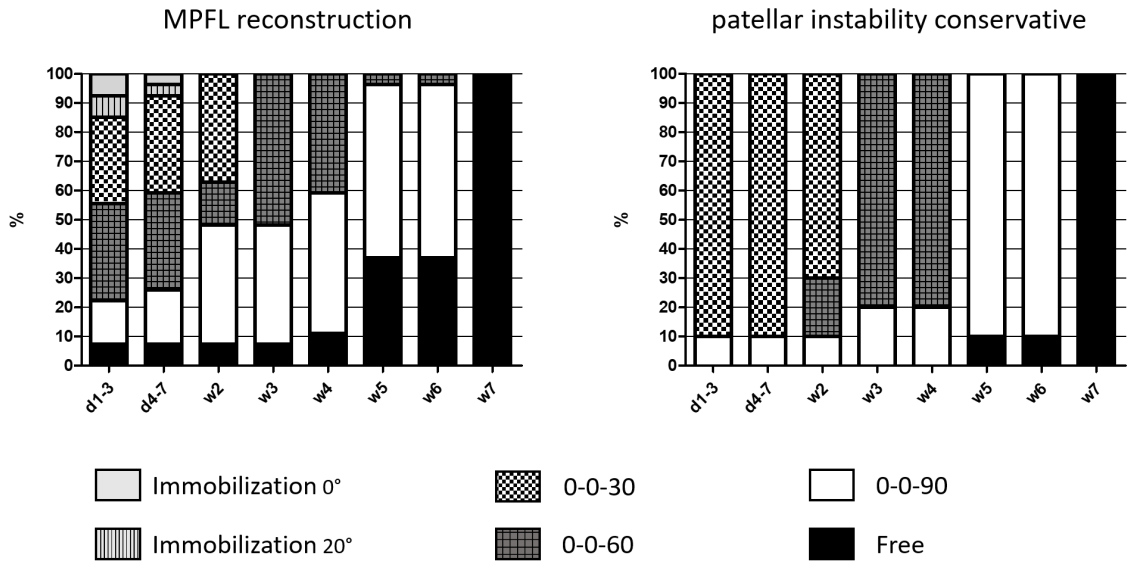
### 4.5.3. Bewegungsausmaß

#### MPFL-Rekonstruktion

Ähnlich zur Abstufung der Belastung findet sich auch im Nachbehandlungsmodul des Bewegungsausmaßes nach MPFL-Rekonstruktion eine hohe Variabilität innerhalb der Empfehlungen (Abbildung 4.25). In der ersten Woche sind 6 verschiedene Empfehlungen zum Bewegungsausmaß zu finden, von der Immobilisation des Kniegelenkes in 0° Streckung bis hin zur Freigabe des Bewegungsausmaßes. Der Großteil der Operateure beschränkt jedoch das Ausmaß der Flexion auf 30° (29,6 %) bzw. 60° (33,3 %). Während ein Viertel der Nachbehandlungsrichtlinien den Zeitpunkt der Freigabe des Bewegungsausmaßes mit der 5. postoperativen Woche angibt, so ist bei anderen Richtlinien eine Abstufung der Beugung in 30-Grad-Schritten bis zur 7. Woche beschrieben.

#### 4. Ergebnisse

Abbildung 4.25.: Empfehlungen zum Bewegungsausmaß in Prozent der verfügbaren Protokolle in Abhängigkeit vom Zeitpunkt nach Operation/Therapiebeginn. Angaben der Legende in Grad und Neutral-0-Methode (Extension - Flexion).

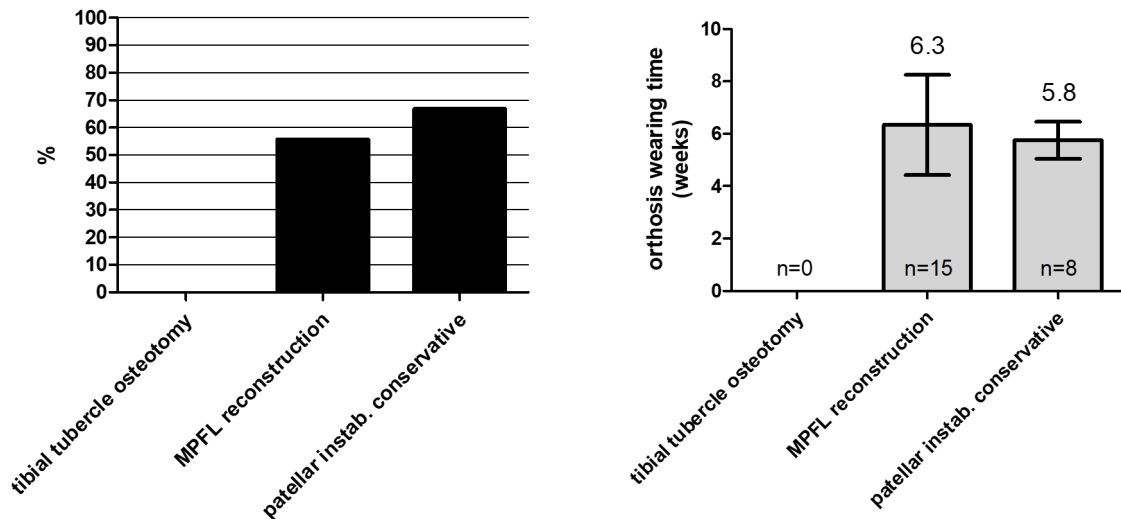


#### Konservative Therapie bei patellarer Instabilität

Die Anfangsphase (w 1-4) der konservativen Therapie wird bereits in Abschnitt 4.5.2 beschrieben. In der 5. bis 6. Woche wird bei 9 von 10 Patienten das Bewegungsausmaß auf 90° beschränkt und ab der 7. Woche vollständig freigegeben.

#### 4.5.4. Orthesenversorgung

Abbildung 4.26.: *Links*: Prozentualer Anteil der Protokolle, welche Orthesenversorgung empfehlen, an der Gesamtheit der zur Indikation angebotenen Nachbehandlungsrichtlinien. *Rechts*: Durchschnittliche Tragedauer der Orthese mit Standardabweichung in Wochen.



##### MPFL-Rekonstruktion

Eine Orthesenversorgung wird nach MPFL-Rekonstruktion von 55,6 % der Nachbehandlungsrichtlinien empfohlen. Die durchschnittliche Tragedauer beträgt  $6,3 \pm 1,85$  Wochen. Am häufigsten wird zu einer Dauer von 6 Wochen geraten.

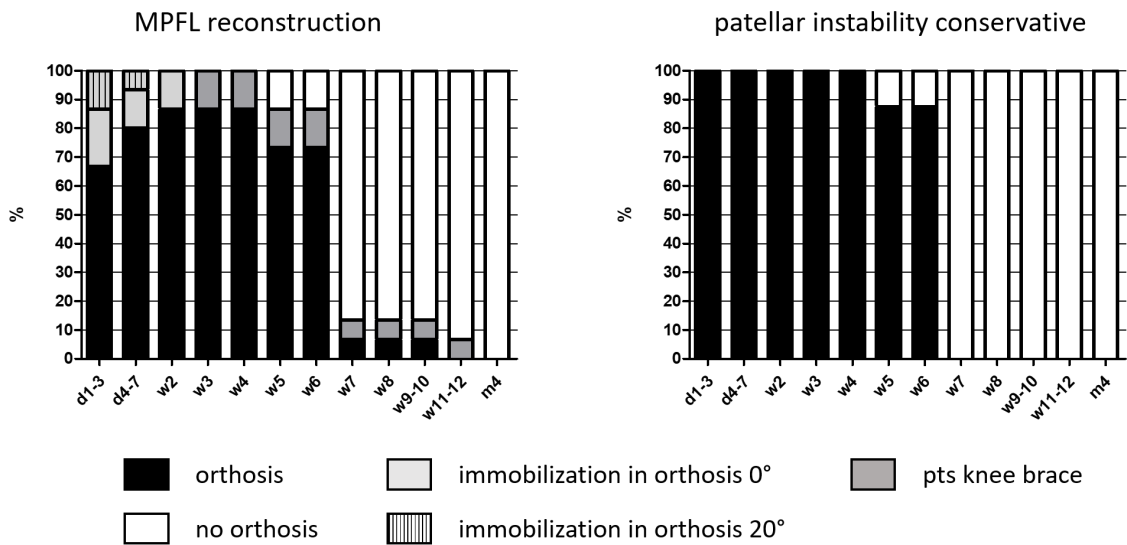
Bei rund 30 % der operierten Patienten wird unmittelbar im Anschluss an die OP eine Immobilisierungsschiene in  $0^\circ$  oder  $20^\circ$  Flexion für 3 bis 14 Tage angelegt.

##### Konservative Therapie bei patellarer Instabilität

Der Anteil an Richtlinien, welche eine Orthesenversorgung bei patellarer Instabilität vorsieht, liegt mit 66,7 % höher als derjenige nach operativer Therapie der MPFL-Rekonstruktion. Die durchschnittliche Tragedauer beträgt  $5,75 \pm 0,66$  Wochen. 12,5 % der Operateure verordnen eine Tragedauer über 4 Wochen, 87,5 % über 6 Wochen.

## 4. Ergebnisse

Abbildung 4.27.: Empfehlungen zur Orthesenversorgung in Prozent der Nachbehandlungsrichtlinien in Abhängigkeit vom Zeitpunkt nach Operation/Therapiebeginn.



### 4.5.5. Behandlung mit aktiver und passiver Bewegungsschiene

#### MPFL-Rekonstruktion

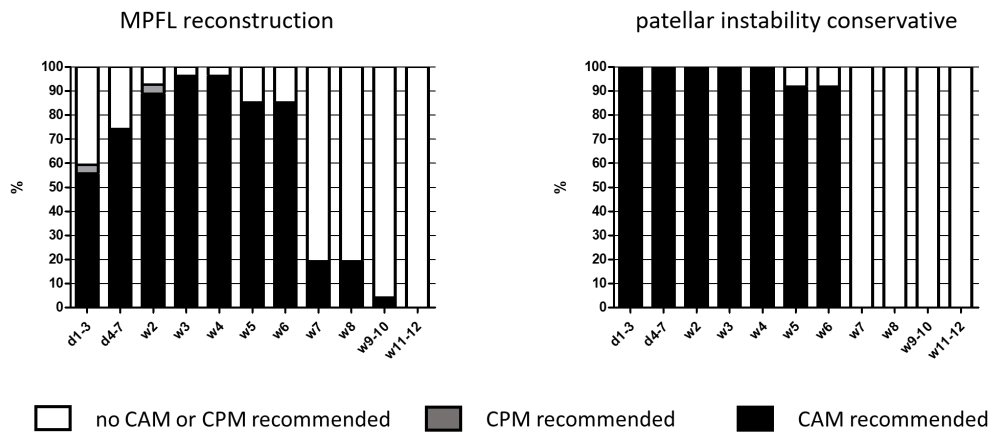
Nach einer Schonungsphase von einer bis zwei Wochen beginnen 4 von 10 Patienten die Therapie mit der aktiven Bewegungsschiene. Die übrigen 60 % starten unmittelbar postoperativ mit der Bewegungstherapie. Der Anwendungszeitraum beträgt meist 6 Wochen, teils wird eine Therapie mit einer aktiven Bewegungsschiene nach MPFL-Rekonstruktion bis zur 10. Woche empfohlen.

#### Konservative Therapie bei patellarer Instabilität

Da es eine konservative Therapie ist, entfällt die eventuelle postoperative Schonungsphase der Bewegungsschientherapie. 8,3 % empfehlen die Therapie über 4 Wochen, 91,7 % über 6 Wochen.

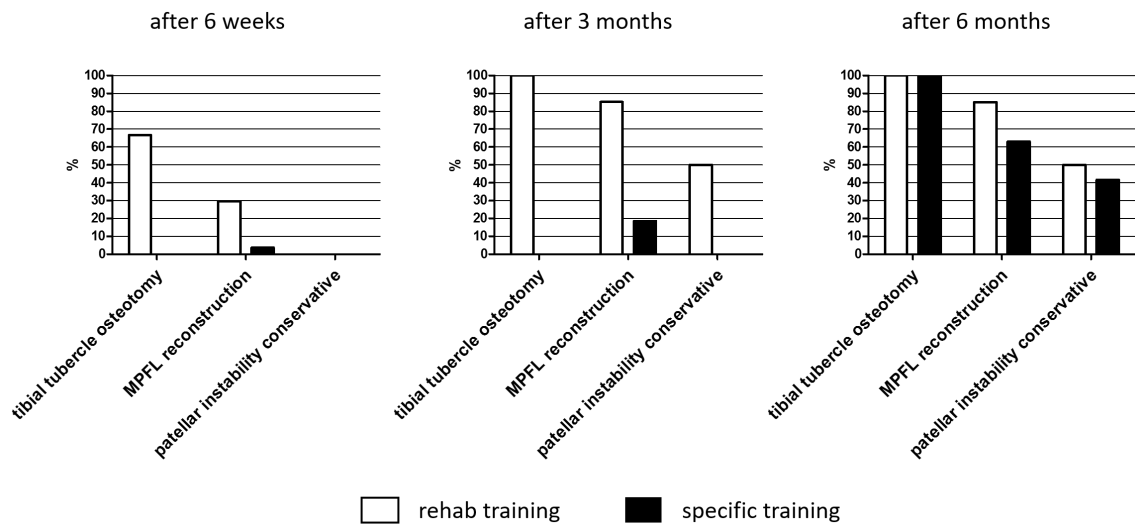
#### 4. Ergebnisse

Abbildung 4.28.: Empfehlungen zur Behandlung mit aktiver (CAM) oder passiver (CPM) Bewegungsschiene in Prozent der verfügbaren Protokolle im Verlauf.



#### 4.5.6. Reha- und Sportartspezifisches Training

Abbildung 4.29.: Prozentualer Anteil an Institutionen, welcher nach 6 Wochen, 3 Monaten und 6 Monaten bereits Reha- bzw. Sportartspezifisches Training empfiehlt.





**MPFL-Rekonstruktion**

Während nach 6 Wochen knapp 30 % der Patienten bereits ein Rehabilitatives Trainingsprogramm absolvieren, so sind es in der 9. Woche über 80 %. Knapp die Hälfte der Nachbehandlungsrichtlinien vermerken die 7. Woche nach Operation als den Beginn des Rehabilitativen Trainings (z.B. Jogging, Spezielles Krafttraining; Tabelle 4.3). Sportartspezifisches Training wird nach MPFL-Rekonstruktion größtenteils ab dem 4. postoperativen Monat empfohlen.

Tabelle 4.3.: Empfehlungen zum Beginn des Rehabilitativen Trainings nach MPFL-Rekonstruktion und bei konservativer Therapie der patellaren Instabilität.

Beginn des Rehabilitativen Trainings	Prozentualer Anteil der Richtlinien	
	MPFL-Rekonstruktion	Konservative Therapie
Keine Angaben	14,8	50,0
2. Woche	11,1	/
5. Woche	14,8	/
6. Woche	3,7	/
<b>7. Woche</b>	<b>48,1</b>	<b>50,0</b>
9. Woche	7,4	/

**Konservative Therapie bei patellarer Instabilität**

Da die Instabilität des patellofemorales Gelenkes nicht operativ behoben wird und daher bei zu frühem Training die Gefahr der patellaren Reluxation besteht, ist der Beginn des Rehabilitativen Trainings im Gegensatz zur oben beschriebenen operativen Therapie später angesetzt (Tabelle 4.3).

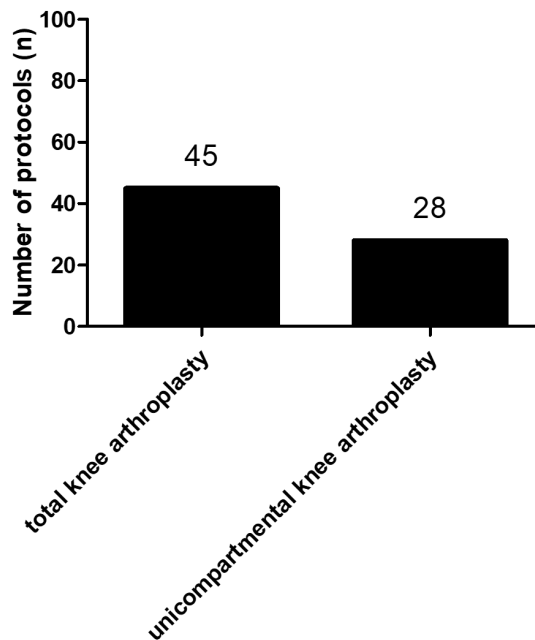
Frühestens in der 13. Woche, spätestens aber nach 6 Monaten wird Sportartspezifisches Training in den Nachbehandlungsrichtlinien aufgeführt.

## 4.6. Nachbehandlung nach endoprothetischen Eingriffen am Kniegelenk

### 4.6.1. Untersuchte Behandlungsrichtlinien

In die Studie sind innerhalb der Hauptgruppe der Endoprothetik des Kniegelenkes einerseits die operative Versorgung mittels Knie-Totalendoprothese (*total knee arthroplasty*, TKA) und andererseits mittels Unikondylärer Prothese (*unicompartmental knee arthroplasty*, UKA) eingeschlossen.

Abbildung 4.30.: Anzahl untersuchter Behandlungsrichtlinien nach endoprothetischen Eingriffen.



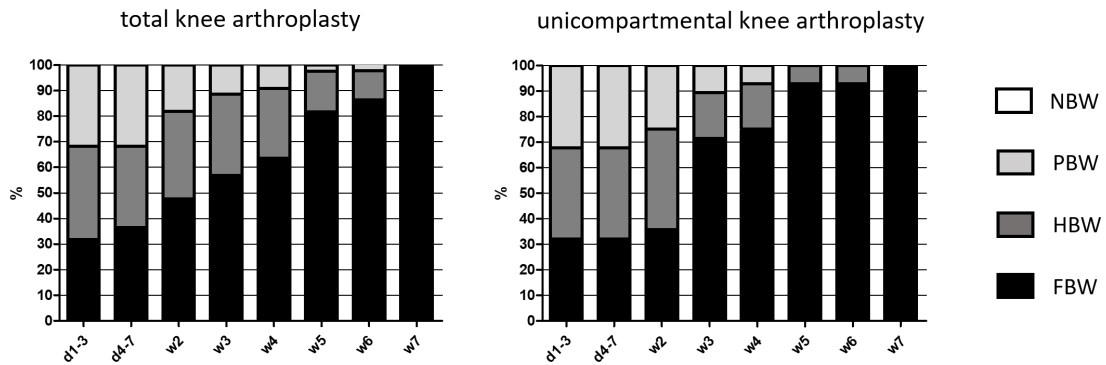
### 4.6.2. Belastung

#### Totalendoprothese

Während der ersten Woche der Nachbehandlung teilen sich die Empfehlungen ungefähr gleichmäßig auf Teilbelastung bis 20 kg Körpergewicht, Belastung mit halbem Körpergewicht und Vollbelastung auf. Bis zur 7. Woche wächst der Anteil der Vollbelastung kontinuierlich an.

## 4. Ergebnisse

Abbildung 4.31.: Empfehlungen zur Belastung in Prozent der verfügbaren Protokolle in Abhängigkeit vom Zeitpunkt nach Operation.



### Unikondyläre Prothese

Die Empfehlungen zur Belastung nach einer operativen Versorgung mittels Unikondylärer Prothese des Kniegelenkes gestalten sich sehr ähnlich zu denjenigen nach einer TKA-Operation.

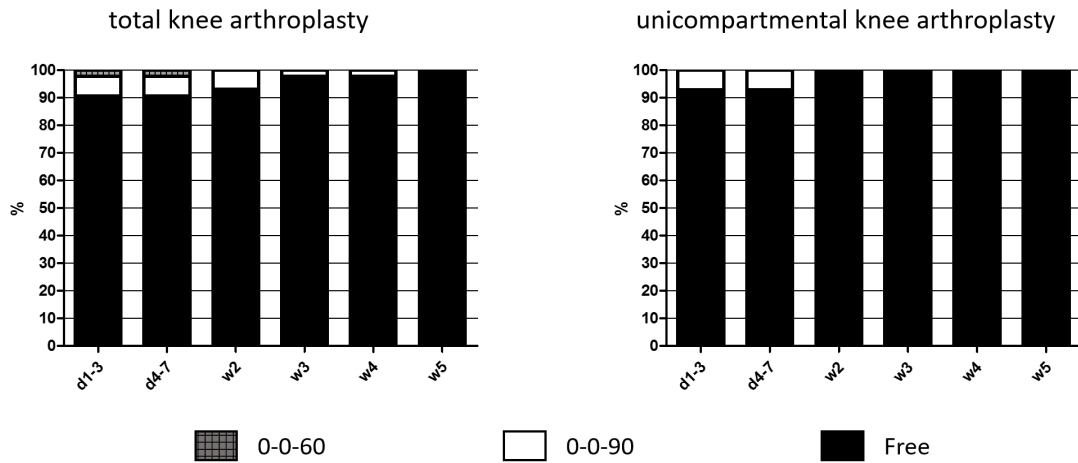
#### 4.6.3. Bewegungsausmaß

Sowohl nach Einbringen einer TKA als auch einer UKA sind postoperative Beschränkungen des Bewegungsausmaßes nicht standardmäßig empfohlen. Nur knapp zehn Prozent der Operateure lassen das Kniegelenk des Patienten entweder während der ersten Woche bis 60° beugen oder während der ersten zwei Wochen bis 90° beugen und geben danach das volle Bewegungsausmaß frei.

Hinsichtlich der Freigabe des Bewegungsausmaßes nach endoprothetischen ist ein Konsens festzustellen.

## 4. Ergebnisse

Abbildung 4.32.: Empfehlungen zum Bewegungsausmaß in Prozent der verfügbaren Protokolle in Abhängigkeit vom Zeitpunkt nach Operation. Angaben der Legende in Grad und Neutral-0-Methode (Extension - Flexion).

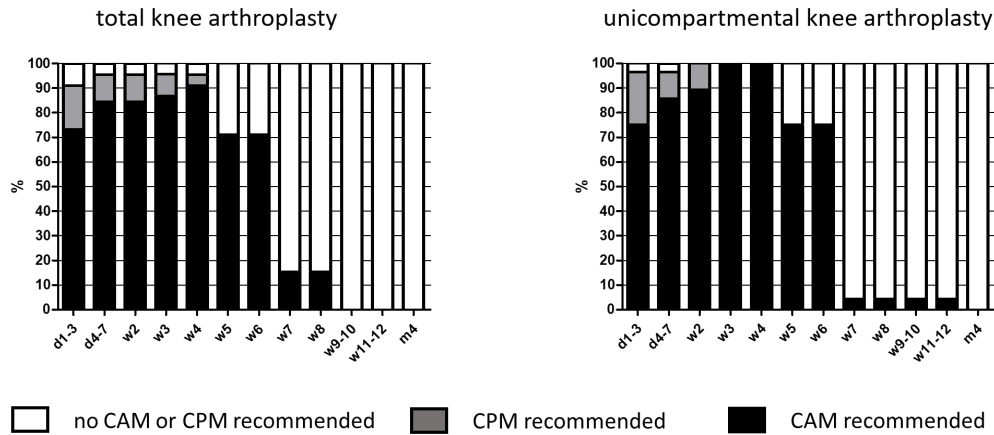


### 4.6.4. Orthesenversorgung

Keine der untersuchten Behandlungsrichtlinien enthält Empfehlungen zu einer Orthesenversorgung nach endoprothetischen Eingriffen. Ähnlich wie beim Modul des Bewegungsausmaßes ist auch hier ein Konsens unter den orthopädischen und unfallchirurgischen Institutionen zu erkennen.

### 4.6.5. Behandlung mit aktiver und passiver Bewegungsschiene

Abbildung 4.33.: Empfehlungen zur Behandlung mit aktiver (CAM) oder passiver (CPM) Bewegungsschiene in Prozent der verfügbaren Protokolle im postoperativen Verlauf.



#### Totalendoprothese

Die Bewegungsschientherapie wird nach Implantation einer TKA in 20 % der Fälle für 4 Wochen, in 55,7 % für 6 Wochen und in 15,4 % für 8 Wochen empfohlen. Der Anteil der passiven Motorschienen (CPM) beträgt zu Beginn knapp 18 %.

#### Unikondyläre Prothese

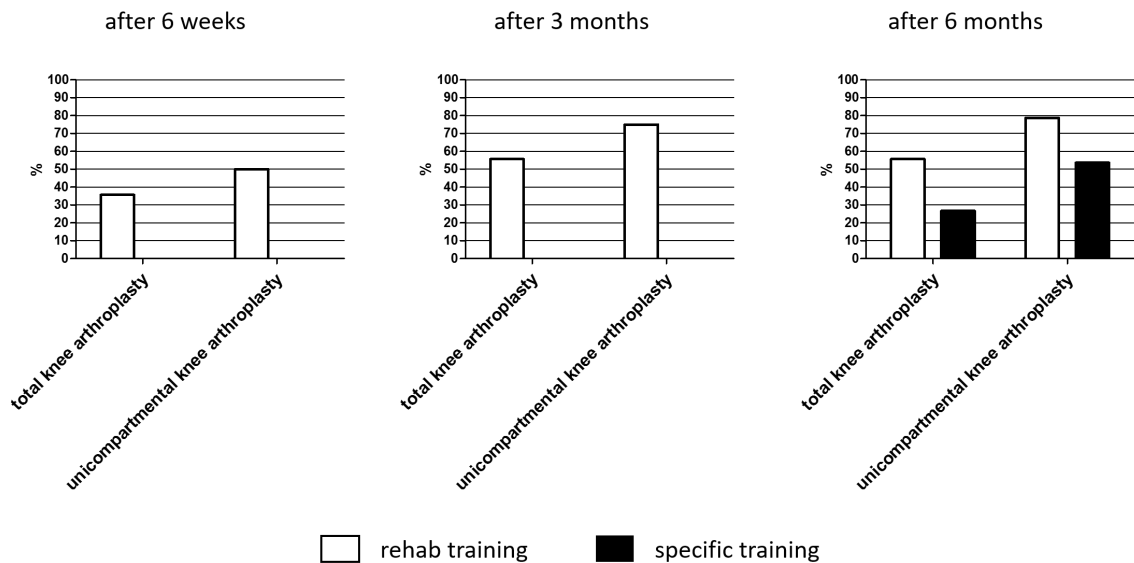
Die Empfehlungen zur Anwendung einer Bewegungsschiene im postoperativen Verlauf nach Einsetzen einer Unikondylären Prothese ähneln denjenigen nach einer TKA-Operation (vgl. Tabelle 4.4).

Tabelle 4.4.: Empfehlungen zur Dauer der Bewegungsschientherapie nach endoprotetischen Eingriffen.

Dauer der Therapie mit CAM / CPM	Prozentualer Anteil der Richtlinien	
	Totalendoprothese	Unikondyläre Prothese
4 Wochen	24,4	25,0
6 Wochen	55,7	71,7
8 Wochen	15,4	/
12 Wochen	/	4,3

#### 4.6.6. Reha- und Sportartspezifisches Training

Abbildung 4.34.: Prozentualer Anteil an Institutionen, welcher nach 6 Wochen, 3 Monaten und 6 Monaten bereits Reha- bzw. Sportartspezifisches Training empfiehlt.



#### Totalendoprothese

Eine von 3 Behandlungsrichtlinien sieht bereits nach 6 Wochen Rehabilitatives Training nach TKA-Operation vor. Dieses wird frühestens in der 3. und spätestens in der

#### 4. Ergebnisse

7. Woche empfohlen. Lauftraining oder Sportartspezifisches Training ist frühestens nach 3 Monaten und spätestens nach 6 Monaten empfohlen.

#### **Unikondyläre Prothese**

Die Empfehlungen zu Rehabilitativem und Sportartspezifischem Training verhalten sich sehr ähnlich zu denjenigen nach Einsetzen einer Totalendoprothese (vgl. dazu Tabelle 4.5).

Tabelle 4.5.: Empfehlungen zum Beginn des Rehabilitativen Trainings nach endoprosthetischen Eingriffen.

<b>Beginn des Rehabilitativen Trainings</b>	<b>Prozentualer Anteil der Richtlinien</b>	
	Totalendoprothese	Unikondyläre Prothese
Keine Angaben	44,4	21,4
3. Woche	4,4	3,6
5. Woche	31,1	46,4
7. Woche	20,0	21,4
9. Woche	/	3,6
13. Woche	/	3,6

## 5. Diskussion

### 5.1. Nachbehandlung nach knorpelchirurgischen Eingriffen

Knorpeldefekte sind häufige Erkrankungen des Kniegelenkes und können sowohl traumatisch als auch degenerativ bedingt sein. Sie führen zu Schmerzen, zu einer Einschränkung der Mobilität und damit zu einer erheblichen Minderung der Lebensqualität [45]. Aktuell werden am häufigsten Bone-Marrow-Stimulation-Techniken wie Mikrofrakturierung und ACT angewendet, gefolgt von OCT [88, 143].

#### 5.1.1. Mikrofrakturierung

Die Ergebnisse zeigen, dass die Mikrofrakturierung gerade in den Modulen der Gewichtsbelastung, des Bewegungsausmaßes und der Orthesenversorgung weitestgehend standardisiert nachbehandelt wird. Die Gewichtsbelastung nach Mikrofrakturierung im Femorotibialgelenk ist v. a. abhängig von der Größe der zu versorgenden Läsion. Je kleiner der Knorpeldefekt, desto früher kann mit der Zunahme der Belastung bis zur Vollbelastung begonnen werden. Steadman et al. (2001) [117], Braun et al. (2009) [13], Tyler et al. (2012) [126] und Erggelet (2014) [28] gehen nach demselben Prinzip vor: Entlastung bis maximal Zehenbelastung in den ersten 6 bis 8 Wochen, danach Übergang zur Vollbelastung. Mithoefer et al. (2005) [87] setzen die Vollbelastung bereits ab der 7. Woche an, was auch der Großteil der untersuchten Behandlungsrichtlinien empfiehlt.

Das Bewegungsausmaß wird nach femorotibialer Mikrofrakturierung von therapeutischer Seite nicht eingeschränkt. Steadman et al. (2001) [117] und Tyler et al. (2012) [126] nutzen das CPM-Training unmittelbar nach Operation - bei 0° bis 60° oder 30° bis 70° startend - und steigern das Bewegungsausmaß in Flexion um 10° bis 20° pro



## 5. Diskussion

Tag, bis das volle Bewegungsausmaß erreicht ist. Tyler et al. (2012) [126] empfehlen passive Bewegung des Kniegelenkes unmittelbar nach Operation in einem vom Patienten tolerierbaren Ausmaß. Ähnlich zur Mehrheit der Institutionen wird eine möglichst frühzeitige Erweiterung des Bewegungsausmaßes mittels CPM angestrebt. Salter et al. (1980) [107] zeigen am Kaninchenmodell, dass Knorpeldefekte des Kniegelenkes nach unmittelbarer Behandlung mit CPM durch die kontinuierliche passive Bewegung schneller und häufiger mit hyalinem Knorpelgewebe ausheilen als bei Immobilisierung oder intermittierender aktiver Bewegung. Diese Studie legt dar, dass CPM eine stimulierende Wirkung auf das Gewebe hat und es dadurch sowohl besser ernährt wird als auch den Metabolismus der pluripotenten Stammzellen aktiviert. Diese Aktivierung regt die Stammzellen zur weiteren Differenzierung an. Fazalare et al. (2010) [29], Howard et al. (2010) [54] und Rogan et al. (2013) [102] vermuten, dass CPM häufig nach Knorpelreparation wie ACT, OCT oder Mikrofrakturierung in der Nachbehandlung angewendet wird, auch wenn das klinische Outcome der Nachbehandlung durch patientenorientierte Studien nur in unbefriedigendem Maße geprüft und nicht eindeutig geklärt ist. Aktive kontrollierte Bewegung nach knorpelchirurgischen Eingriffen ist ebenfalls unzureichend untersucht. Howard et al. (2010) [54] zeigen zusätzlich, dass die aktive Bewegung womöglich in der Lage ist, der postoperativen Muskelatrophie in moderatem Maße entgegenzuwirken, wenn man sie anstatt oder in Kombination mit CPM anwendet.

Der postoperative Beginn der CPM-Therapie nach Mikrofrakturierung wird unterschiedlich angesetzt. Kon et al. (2011) [63] starten im dargelegten Nachbehandlungsprotokoll am zweiten postoperativen Tag nach Mikrofrakturierung oder ACT mit CPM, 6 Stunden täglich bei einer Umdrehung pro Minute, bis 90° Flexion erreicht werden. Hirschmüller et al. (2011) [52] setzen den Beginn für CPM innerhalb der ersten 12 Stunden nach OP an. Mithoefer et al. (2005) [87] und Steadman et al. (2001) [117] empfehlen sogar den Beginn von CPM unmittelbar nach der Operation im Aufwachraum bei einem Flexionsausmaß von 0° bis 60° bzw. 30° bis 70° und einer weiteren Behandlung mit CPM von 6 bis 8 Stunden pro Tag für 6 Wochen. Braun et al. (2009) [13] behandeln 8 Wochen mit CPM für 6 bis 8 Stunden pro Tag nach.

Rehabilitatives Training wie Ergometer-Training ohne Widerstand wird nach Tyler et al. (2012) [126] und Steadman et al. (2001) [117] bereits nach ein bis zwei Wochen verordnet. Der geringe Prozentsatz an Empfehlungen in den Nachbehandlungsprotokollen zu Rehabilitativem Training nach 6 Wochen (17,4 %) steht dazu im Widerspruch. Braun et al. (2009) [13] geben an, dass zwischen der 17. und 24. postopera-

tiven Woche bereits stufenweise ein Lauftraining begonnen werden kann. Sportarten wie Basketball oder Fußball werden zumeist erst nach 6 bis 9 Monaten empfohlen [13, 126].

In der Gesamtbetrachtung der Ergebnisse und der aktuellen Literatur weist die Nachbehandlung nach Mikrofrakturierung in den Modulen der Gewichtsbelastung, des Bewegungsausmaßes und der Orthesenversorgung nur eine geringe Variabilität auf. Eine CPM-Therapie ist etabliert, wird jedoch in Therapiedauer und -intensität sehr unterschiedlich durchgeführt. Die Anwendung von Rehabilitativem und Sportartspezifischem Training ist gerade im Hinblick auf den optimalen Zeitpunkt des Beginns noch nicht ausreichend untersucht. Ein allgemeingültiges Nachbehandlungskonzept nach Mikrofrakturierung ist nicht zu finden.

### 5.1.2. Autologe Chondrozyten-Transplantation

Aus den Untersuchungsergebnissen geht hervor, dass nach ACT bezüglich der Freigabe der Belastung weitestgehend ein Konsens besteht. Die anderen Module hingegen unterliegen hinsichtlich der Empfehlungen größerer Variabilität.

Ziel der Restriktion der Belastung in den ersten 6 Wochen nach ACT ist es, innerhalb dieses Zeitraumes Scherkräfte zu vermeiden [52] und Kontaktkräfte einerseits zu verringern, um Schäden am Transplantat zu vermeiden, sowie andererseits in einem bestimmten Rahmen zu ermöglichen, sodass Druck in physiologischer Ausrichtung auf das Transplantat ausgeübt wird, um es anzuregen und um den Heilungsprozess zu fördern [39]. Die Untersuchung zeigt, dass der Übergang von der 6. auf die 7. Woche hinsichtlich der Empfehlung zur Vollbelastung markant ist. Das verdeutlicht, dass hinsichtlich des frühesten Zeitpunktes der endgültigen Vollbelastung mit der abgeschlossenen 6. postoperativen Woche bei ACT ein fachlicher Konsens besteht.

Nach femorotibialer ACT ist jedoch die Literatur gerade bezüglich des Erreichens der Vollbelastung nicht eindeutig: Hirschmüller et al. (2011) [52] und Pestka et al. (2016) [93] nennen dafür die 9. postoperative Woche. Gillogly et al. (2006) [35] und Riegger-Krugh et al. (2008) [100] geben dafür den Zeitraum der 8. bis 9. Woche an. Ebert, Robertson et al. (2008) [24] zeigen Vorteile bzgl. Schmerzen und verbesserter Gelenkfunktion bei schrittweisem Erreichen der Vollbelastung nach 8 Wochen im Vergleich zu einem restriktiveren Nachbehandlungsprotokoll.

Hambly et al. (2006) [39] zeigen, dass die Vollbelastung nach MACT frühestens in der 7. postoperativen Woche freigegeben wird, was auch der aktuellen Meinung des

Großteils der untersuchten Institutionen im deutschsprachigen Raum entspricht. Es ist festzustellen, dass bezüglich des frühesten Zeitpunktes der Vollbelastung nach ACT unterschiedliche Angaben in der aktuellen Literatur zu finden sind. Jedoch ist die Freigabe der Vollbelastung ab der 7. postoperativen Woche unter den untersuchten Institutionen als Standard etabliert.

Auch bei der Freigabe des Bewegungsausmaßes gibt es deutliche Unterschiede zwischen den Untersuchungsergebnissen und der aktuellen Studienlage: Hirschmüller et al. (2011) [52] setzen das Ziel nach 6 Wochen bei 90° Flexion. Hambly et al. (2006) [39] zeigen, dass - je nach Studie - nach 6 Wochen ein Bewegungsausmaß von 90° bis 130° angestrebt wird. Gillogly et al. (2006) [35] beginnen mit einer Flexion bis zu 60° und streben schon in der ersten bis zweiten Woche eine Flexion von 90° an. Auffällig ist daher, dass knapp die Hälfte der analysierten Nachbehandlungsprotokolle keine Einschränkung der Flexion nach ACT vorsieht.

Die Rolle der kontinuierlichen Bewegung nach ACT wird von Richardson et al. (2014) [99] für die Heilung und Ausdifferenzierung des Gewebes als essentiell eingestuft. Gerade passive Bewegung ist in der Nachbehandlung nach ACT von Bedeutung. Wie auch die Ergebnisse zeigen, wird CPM nach ACT meist bis zur 6. Woche nach Operation empfohlen mit einer täglichen Trainingszeit von 8 bis 24 Stunden am ersten postoperativen Tag und bis 4 bis 8 Stunden in der 6. Woche [52, 93, 99, 100, 126]. Hambly et al. (2006) [39] zeigen, dass der Beginn von Ergometertraining in der Literatur von der 2. bis zur 12. Woche variiert. Tyler et al. (2012) [126] empfehlen Ergometertraining ab der 3. Woche, Hirschmüller et al. (2011) [52] ab der 4. Woche. Rückkehr zu sportlicher Aktivität wird nach Richardson et al. (2014) [99] und Tyler et al. (2012) [126] meist erst nach mehr als 12 Monaten empfohlen, wobei leichtes Jogging schon nach 6 Monaten empfohlen wird. Das erklärt den geringen Anteil an Sportartspezifischem Training nach 6 Monaten in der vorliegenden Untersuchung (Abbildung 4.8).

Die Nachbehandlung nach femorotibialer ACT wird sehr unterschiedlich durchgeführt. Besonders hervorzuheben ist die Diskrepanz zwischen den erhobenen Ergebnissen und der aktuellen Studienlage in den Bereichen der Gewichtsbelastung und des Bewegungsausmaßes. Die Freigabe des Bewegungsausmaßes gestaltet sich ebenfalls sehr variabel (Abbildung 4.5). Trotz Etablierung des operativen Verfahrens der ACT ist kein Standard in der Nachbehandlung festzustellen.

### 5.1.3. Osteochondrale Transplantation

Die Nachbehandlung nach osteochondraler Knorpeltherapie ist laut den Studienergebnissen eine im Vergleich zur ACT aggressivere, in der die volle Rehabilitation tendenziell früher erreicht werden kann. Die Empfehlungen der Nachbehandlung variieren jedoch ebenso wie die nach ACT stark.

Im Vergleich zur ACT tendiert die OCT zu einer früheren Wiederbelastung des Kniegelenkes, was sich nach Zellner et al. (2015) [143] durch das schnellere Einwachsen des in den Knochen eingesetzten osteochondralen Transplantats erklären lässt.

Wie die Analyse gezeigt hat, ist der Einsatz von Bewegungsschienen im Vergleich zu anderen knorpelchirurgischen Eingriffen nach OCT von kürzerer Dauer. Nach Shaha et al. (2013) [112] wird das Kniegelenk in einem Zeitraum von lediglich 6 Wochen bis zu 8 Stunden pro Tag in der CPM-Schiene bewegt.

Aufgrund der Analyse der Daten können in begrenztem Ausmaß Aussagen darüber getroffen werden, ob Patienten nach Knorpeltherapie wieder zu ihrem sportlichen Level zurückkehren können, welches sie vor ihrer Operation erreicht haben. Die hohen prozentualen Anteile an Empfehlungen zu Sportartspezifischem Training nach OCT bereits nach 6 Monaten verdeutlichen, dass das osteochondrale Transplantat gut geeignet ist, um nach dem operativen Eingriff eine frühzeitige Rückkehr zum Sport zu ermöglichen. Campbell et al. (2016) [15] und Mithoefer et al. (2009) [86] stellen durch ihre Studien fest, dass die Rate an Patienten, die zu voller sportlicher Aktivität zurückkehren, nach OCT am höchsten ist. Die aktuelle Studienlage kann durch die Ergebnisse dieser Untersuchung in dieser Hinsicht gestützt werden.

Die Vollbelastung wird nach OCT im Vergleich zur ACT früher erreicht. Das Bewegungsausmaß wird seltener eingeschränkt, die Empfehlungen dazu unterliegen jedoch einer hohen Variabilität. Nach OCT ist zudem eine schnellere Rückkehr zu sportlicher Aktivität möglich.

Zwar ist auch nach OCT kein standardisiertes Nachbehandlungskonzept zu finden, allerdings können Meilensteine der Rehabilitation wie Vollbelastung oder Rückkehr zu voller sportlichen Aktivität im Vergleich zur ACT früher erreicht werden.

### 5.1.4. Retropatellare Knorpeltherapie

Die Ergebnisse zeigen deutlich, dass sich die Nachbehandlung an die anatomische Lage der Therapie anpasst. Ein Beispiel dafür ist, dass die Steigerung der axialen

## 5. Diskussion

Belastung früher erfolgt als nach femorotibialer Therapie, die Flexion des Kniegelenkes hingegen verzögert freigegeben wird. Eine Orthese wird häufiger und über einen längeren Zeitraum verwendet, um die Compliance der Restriktion des Bewegungsausmaßes zu erhöhen.

Nach retropatellarer Knorpeltherapie (62,5 % ACT, 12,5 % Mikrofrakturierung) geben schon in der 3. Woche mehr als die Hälfte der Operateure die Vollbelastung in Extension frei. Gillogly et al. (2006) [35] geben nach retropatellarer ACT zwischen der 6. und 8. Woche, Tyler et al. (2012) [126] in der 10. postoperativen Woche die Vollbelastung frei. Diese Variabilität zeigt auch die Untersuchung durch Hambly et al. (2006) [39], die für den Zeitpunkt der ersten Vollbelastung Angaben von „unmittelbar nach Operation“ bis zu „12 Wochen postoperativ“ nennen. Steadman et al. (2001) [117] lassen Patienten nach patellofemorale Mikrofrakturierung unmittelbar nach Operation bis zur Toleranzgrenze belasten, solange die Belastung im Rahmen der erlaubten 0° bis 20° Flexion bleibt. Diese eingeschränkte Beugung wird durch die Orthese gesichert, die über einen Zeitraum von 8 Wochen getragen werden soll.

Die Untersuchung macht hinsichtlich der Freigabe des Bewegungsausmaßes deutlich, dass darauf Rücksicht genommen wird, dass das patellofemorale Gelenk bei zunehmender Flexion verstärkt beansprucht wird (Abbildung 4.5). McGinty et al. (2000) [84] legen dar, dass nicht nur die Kontaktfläche von Patella und femoralem Gleitlager mit stärkerer Flexion größer wird, sondern auch die Gelenkkontaktkraft steigt, die auf die artikulierenden Flächen des Patellofemoralgelenkes wirkt. Diese Beanspruchung und das daraus resultierende höhere Auftreten von Scherkräften wird durch den restriktiven Umgang mit der Freigabe des Bewegungsausmaßes postoperativ verringert.

Passive Bewegungsübungen sollen laut Steadman et al. (2001) [117] so früh wie möglich bis zum Erreichen des vollen Bewegungsausmaßes durchgeführt werden. Gillogly et al. (2006) [35] stufen dies wie folgt ab: Tag eins bis 40° Flexion mittels CPM, 90° bis zur zweiten bis 3. Woche, 105° bis zur 3. bis 4. Woche und 120° ab der 6. Woche. Der Großteil der untersuchten Protokolle gestaltet sich im Vergleich dazu restriktiver: Erst ab der 5. Woche wird vom Großteil eine Beugung bis höchstens 90° zugelassen (62,4 %).

Orthesenversorgung ist gerade bei retropatellarer Knorpeltherapie von Bedeutung, da hier die Orthese dazu genutzt wird, das Kniegelenk bei Belastung in Extension zu sperren [35, 117]. Dies erklärt den höchsten Anteil an Empfehlungen zur Orthesenversorgung unter den knorpelchirurgischen Eingriffen nach retropatellarer Knor-

peltherapie und die längste Tragedauer (vgl. Abbildung 4.6).

In allen Modulen der Nachbehandlung sind die Empfehlungen nach retropatellarer Knorpeltherapie sehr variabel und nicht standardisiert. Es wird allerdings gerade in den Bereichen des Bewegungsausmaßes und der Orthesenversorgung in den ersten 6 bis 8 Wochen der Nachbehandlung auf die retropatellare Lage des knorpelchirurgischen Eingriffs Rücksicht genommen. Das Bewegungsausmaß wird verzögert freigegeben, die Vollbelastung im Vergleich zur Therapie in der Hauptbelastungszone in Extension hingegen früher erlaubt. Zusammenfassend kann man festhalten, dass die Nachbehandlung an die anatomische Lage der Knorpelschädigung adaptiert wird, jedoch kein Standard etabliert ist.

### 5.1.5. Hohe Tibiale Umstellungsosteotomie

Ein standardisiertes Nachbehandlungsprotokoll nach OW-HTO (Open Wedge High Tibial Osteotomy) existiert nach den erhobenen Ergebnissen nicht. Agneskirchner et al. (2006) [1] und Cotic et al. (2015) [20] zeigen, dass einer der Gründe dafür die Verfügbarkeit an vielen verschiedenen Implantaten ist.

Die Abstufung der Belastung nach Umstellungsosteotomie ist grundsätzlich abhängig von der operativen Fixationstechnik. Nach Brinkman et al. (2010) [14] sollte diese so gewählt werden, dass eine frühe Mobilisierung des Kniegelenkes und eine möglichst frühe Vollbelastung erfolgen kann. Asik et al. (2006) [4] demonstrieren, dass abhängig von der Fixationstechnik die Zeit bis zur Vollbelastung bis zu 3 Monate dauern kann. Noyes et al. (2006) [90] sehen für Patienten nach Umstellungsosteotomie von Woche 3 bis 4 Teilbelastung, nach Woche 5 bis 6 Belastung mit halbem Körpergewicht und ab der 7. Woche die Vollbelastung vor, was sich mit einigen Nachbehandlungsrichtlinien der untersuchten Institutionen deckt. Brinkman et al. (2010) [14] können sogar zeigen, dass Patienten der untersuchten Gruppe durchschnittlich nach 26 Tagen ( $SD \pm 8$  Tage) die Vollbelastung erreichen. Takeuchi et al. (2009) [120] demonstrieren, dass nach Umstellungsosteotomie mit v. a. winkelstabilen Fixationsplatten (*TomoFix*<sup>TM</sup>) auch die Vollbelastung nach zwei Wochen möglich ist. Die Mehrheit der analysierten Protokolle geht im Vergleich dazu restriktiver vor. Die standardisierte Abstufung der Belastung ist durch 6 Wochen Teilbelastung und anschließender Vollbelastung ab der 7. Woche gekennzeichnet. Dieses Protokoll der Gewichtsbelastung wird von Schröter et al. (2015) [109] einer 11-tägigen Teilbelastung mit Gehstützen und anschließender Vollbelastung gegenübergestellt. Das Ergebnis war ein früheres

## 5. Diskussion

verbessertes klinisches Outcome bei der Gruppe der Patienten mit beschleunigter Gewichtsbelastung.

In der hier durchgeführten Untersuchung wurde nur von einem geringen Prozentsatz (2,8 %) eine komplette Entlastung des Kniegelenkes empfohlen, da der künstlich herbeigeführte Bruch des Tibiakopfes durch die mechanische Osteosynthese stabil gehalten wird.

Im Vergleich zu anderen knorpelchirurgischen Eingriffen erfolgt die Freigabe des Bewegungsausmaßes nach HTO früher. Nach Takeuchi et al. (2009) [120] wird mittels CPM das Bewegungsausmaß des Kniegelenkes innerhalb der ersten 3 Wochen nach Operation auf 130° Beugung oder mehr gesteigert. Noyes et al. (2006) [90] geben als Ziel der ersten beiden Wochen die Beugung bis 110°, bis zur 4. Woche bis 135° an. Die Ergebnisse dieser Arbeit geben entweder eine Abstufung von 60° über 90° bis hin zum vollen Bewegungsausmaß innerhalb der ersten 5 Wochen vor oder geben das volle Bewegungsausmaß ohne Restriktion so früh wie möglich frei.

Ähnlich zur Belastung ist auch die Rückkehr zu sportlicher Aktivität von der Art der Fixation abhängig. Während lediglich ein Drittel der Behandlungsrichtlinien - ähnlich wie Noyes et al. (2006) [90] - erst nach 6 Monaten Sportartspezifisches Training wie Jogging vorsehen, so ist dies nach Takeuchi et al. (2009) [120] sogar schon nach nur 3 Monaten möglich. Sportliche Betätigungen wie Joggen, Radfahren oder sogar Skifahren scheinen nach HTO bei Kniegelenksarthrose durchaus möglich. Dies zeigen auch Badhe et al. (2002) [6], Gougoulas et al. (2009) [37] und Salzmann et al. (2009) [108].

Trotz Etablierung knorpelchirurgischer Operationstechniken besteht eine hohe Variabilität in der Nachbehandlung nach Mikrofrakturierung, ACT, OCT, HTO und nach retropatellarer Knorpeltherapie. Therapieübergreifend findet sich der größte Konsens für die Empfehlungen zur Gewichtsbelastung (Abbildung 4.4).

Es liegen nur wenige prospektive, randomisierte Studien vor, die eine bestmögliche Nachbehandlung erarbeitet haben. Einheitliche Nachbehandlungskonzepte nach knorpelchirurgischer Therapie sind nicht etabliert.

## 5.2. Nachbehandlung nach Vorderer und Hinterer Kreuzbandplastik

Die Rekonstruktion des VKB ist eines der am häufigsten angewendeten Operationsverfahren. Nach Schünke et al. (2011) [110] rupturiert das VKB ungefähr 10-mal häufiger als das HKB. Daher wird das operative Verfahren der VKB-Ersatzplastik häufiger angewandt. Häufigster Verletzungsmechanismus der VKB-Ruptur ist ein Innenrotationstrauma bei feststehendem Unterschenkel. Nach Teske et al. (2010) [124] tritt die HKB-Ruptur oft nach Rasananzverletzungen auf und entsteht nicht selten in Verbindung mit einer Kniegelenksluxation oder einer distalen Femurfraktur. Eine konservative Therapie kann nach Ardern et al. (2016) [3] bei korrekter Indikationsstellung erwogen werden, die operative Therapie zeigt jedoch im Vergleich ein verbessertes Outcome.

Die Ähnlichkeit der Ergebnisse zur Nachbehandlung nach standardmäßig durchgeführter VKB-Plastik und der VKB-Plastik mit Hamstring-Sehne zeigt deutlich, dass aktuell als Standard die Semitendinosus-/Gracilissehne (STG) zur VKB-Plastik verwendet wird. Nach Teske et al. (2010) [124] wird die VKB-Plastik mittels STG derzeit häufiger verwendet als jene mit Patellarsehnen-Transplantat (BTB), was sich auch in der Anzahl der untersuchten, aktuellen Nachbehandlungsprotokolle widerspiegelt (Abbildung 4.9). Daher werden die Ergebnisse der standardmäßig durchgeführten VKB-Plastik gemeinsam mit den Ergebnissen der VKB-Plastik mit STG diskutiert.

### 5.2.1. Unterschiede in der Rehabilitation nach VKB-Plastik abhängig von der Transplantat-Wahl

Um die Unterschiede in der Nachbehandlung nach VKB-Plastiken in Abhängigkeit vom Sehnentransplantat abbilden zu können, wird die Nachbehandlung nach VKB-Plastik mittels Hamstringsehne derjenigen nach VKB-Plastik mit Patellarsehne in einem gemeinsamen Kapitel gegenübergestellt.



### Erreichen der Vollbelastung

Die Ergebnisse zur Abstufung der Belastung lassen erkennen, dass ein fachlicher Konsens zur Progression der postoperativen Belastung nach einer VKB-Plastik nicht existiert. Die Tatsache, dass in den ersten Tagen nach Operation die gesamte Bandbreite von Ent- bis vollständige Belastung aufgeführt wird, unterstreicht diese Schlussfolgerung.

Außerdem legt die durchgeführte Untersuchung dar, dass nach VKB-Plastik mittels STG-Sehnentransplantat initial die Belastung eingeschränkt wird. Die Vollbelastung wird stufenweise innerhalb des ersten postoperativen Monats erreicht. Im Hinblick auf den frühesten postoperativen Zeitpunkt der Vollbelastung zeigen Beynon, Johnson et al. (2005) [12] in ihrer Untersuchung, dass eine unmittelbare Belastung des Kniegelenkes nach VKB-Plastik keine Überlastung des Transplantats mit konsekutiver Verformung oder Lockerung nach sich zieht. Das wird sowohl durch Jorgensen et al. (1995) [57] für das Hamstring-Transplantat als auch durch Tyler, McHugh et al. (1998) [125] für das Patellarsehnen-Transplantat demonstriert. Nach van Grinsven et al. (2010) [128] verbessert eine Vollbelastung innerhalb von 10 Tagen postoperativ ohne Gehstützen die Quadrizeps-Funktion, beugt patellofemoralem Schmerz vor und hat keinen negativen Effekt auf die Knie-Stabilität. Nachteile einer unmittelbaren initialen Belastung nach VKB-Plastik mittels Patellarsehne gibt es nach der Studie von Tyler, McHugh et al. (1998) [125] nicht. Es zeigt sich vielmehr, dass sogar die Inzidenz von vorderem Knieschmerz bei unmittelbarer initialer Belastung sinkt. Gleichzeitig fehlen mögliche Defizite in Kniestabilität oder -funktionalität durch die frühe Belastung. Dies wird auch in der aktuellen Studie von van Melick et al. (2016) [129] gezeigt. Sie empfehlen eine unmittelbare Belastung - gegebenenfalls mit Gehstützen - bei unauffälligem Gangbild und bei Nichtauftreten von Fieber, Schmerz oder Schwellung beim Gehen oder kurz darauf.

Das Kniegelenk wird nach VKB-Plastik mittels BTB-Transplantat früher voll belastet als jenes nach einer VKB-Plastik mittels STG-Sehne. Erklärt werden kann dies dadurch, dass bei BTB-Technik zwischen dem Transplantat und dem Bohrkanal direkter Knochen-an-Knochen-Kontakt zustande kommt. Yoshiya et al. (2000) [140] zeigen, dass aufgrund dessen der Heilungsverlauf dem einer Osteotomie ähnelt und somit im Vergleich zum STG-Sehnentransplantat eine erhöhte Primärstabilität zu erwarten ist.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass der aktuelle Stand der Literatur eine noch frühere Rückkehr zur Vollbelastung empfiehlt, als derzeit von unfallchir-

urgischen Insitutionen im deutschsprachigen Raum empfohlen wird. Vollbelastung kann nach VKB-Plastik - unabhängig von der Wahl des Transplantats - innerhalb der ersten zwei Wochen erreicht werden.

### **Steigerung des Bewegungsausmaßes**

Zu den Empfehlungen zur postoperativen Restriktion bzw. Freigabe des Bewegungsausmaßes des Kniegelenkes nach isolierter VKB-Plastik ist kein standardisiertes Vorgehen zu erkennen. In der Literatur werden auf Evidenz basierende Vorteile einer frühen Mobilisierung aufgezeigt.

Unabhängig von der Wahl des Transplantats ist nach van Grinsven et al. (2010) [128] unmittelbar nach VKB-Plastik die aktive und passive Re-Mobilisierung des Kniegelenkes wichtig für die Schmerzreduktion, die Stimulation der Homöostase des Knorpelgewebes, die Prävention patellofemorale Komplikationen, die Verhinderung eines unphysiologischen Gangbilds, die Reduktion der Quadrizeps-Atrophie und die Vorbeugung einer Fibrosierung des Gelenkes.

Aus der Beugefunktion des Semitendinosus- und Gracilismuskels für das Kniegelenk und aus dem durch die Operation entstandenen Hebedefekt resultiert nach Tashiro et al. (2003) [121] eine Schwächung der aktiven Beugung des Kniegelenkes. Das erklärt den restriktiveren Umgang mit der Freigabe des aktiven Bewegungsausmaßes in Flexion nach VKB-Plastik mit Hamstring-Sehne im Vergleich zum Patellarsehnen-Transplantat. Ziel der Restriktion ist es, einerseits die Entnahmestelle im Flexorenbereich und andererseits das Transplantat zu schonen.

Nach Keays et al. (2000) [59] resultiert durch den Hebedefekt im Extensorenbereich nach VKB-Plastik mit Patellarsehne nur eine minimale Schwächung der Flexion. Es ist im Vergleich zur STG-Sehne wohl eher die Gefahr eines Streckdefizits gegeben. Die frühere Freigabe des Bewegungsausmaßes der Flexion nach VKB-Plastik mit Patellarsehne ist u. a. dadurch möglich, dass sich nach Teske et al. (2010) [124] das Transplantat durch eine besonders hohe Primärstabilität auszeichnet.

Bezüglich der Freigabe des Bewegungsausmaßes ist ähnlich wie für die Belastung eine frühere Freigabe und eine größere Beweglichkeit des Kniegelenkes nach VKB-Plastik mit Patellarsehne zu beobachten.

### **Orthesenversorgung nach isolierter VKB-Plastik**

Die durchschnittliche Tragedauer einer Orthese liegt bei BTB-Technik bei 4,8 Wochen und bei STG-Sehne bei 6,8 Wochen. Die kürzere Tragedauer ist Ausdruck der erhöhten Primärstabilität des Patellarsehnen-Transplantats. Auch der Anteil an Empfehlungen zu einer postoperativen Orthesenversorgung nach VKB-Plastik mit Patellarsehne ist nur halb so groß wie derjenige nach VKB-Plastik mit STG-Sehne. Die Orthesenversorgung nach isolierter VKB-Plastik ohne Begleitverletzungen ist nicht etabliert. Mit Kruse et al. (2012) [65], Rodriguez-Merchan (2016) [101], Wright, Fetzer et al. (2007) [135], Wright, Preston et al. (2008) [137] und den MOON-Guidelines von Wright, Haas et al. (2015) [136] zeigen mehrere Studien, dass eine postoperative Orthesenversorgung nach VKB-Plastik keinen positiven Einfluss auf das Outcome und auch keinen messbaren Nutzen für die Rehabilitation hat. Eine Orthesenversorgung nach VKB-Rekonstruktion ist daher nicht notwendig und steigert zusätzlich die Therapiekosten. Zudem zeigen die zuvor genannten Studien, dass eine Rehabilitation ohne Orthesenversorgung keine vermehrten Komplikationen verursacht oder zusätzliche adversative Effekte zur Folge hat.

Trotzdem bleiben Therapieempfehlungen für eine Orthese nach VKB-Plastik nach wie vor bestehen (nach VKB-Plastik mit STG: 50,9 %; BTB: 23,8 %;). Ein Grund dafür mag die Argumentation der Prävention von übermäßigem Varus- und Valgusstress sein, da die Orthese das Kniegelenk vor einer eventuellen Re-Ruptur oder Transplantat-Lockerung schützt. Evidenz bezüglich dieser präventiven Funktion einer Orthese nach VKB-Plastik ist allerdings nicht gegeben. Giotis et al. (2016) [36] zeigen, dass das Tragen einer Orthese nach VKB-Plastik mittels STG-Sehne die tibiale Rotation bei exzessiver Belastung wie z. B. beim Hinabgehen von Treppen oder bei einer Landung von einer erhöhten Plattform signifikant reduzieren kann und somit eine Orthesenversorgung durch die partielle Wiederherstellung einer physiologischen Kinematik womöglich einen positiven rehabilitativen Effekt auf Patienten haben kann.

### **Bewegungsschienen-Therapie**

In der Bewegungsschientherapie ist kein Unterschied zwischen den verwendeten STG- bzw. BTB-Transplantaten festzustellen. Wright, Preston et al. (2008) [137] und Wright, Haas et al. (2015) [136] ziehen anhand von 6 untersuchten RCTs (*randomized controlled clinical trial*) das Fazit, dass bis auf einen möglichen positiven Effekt der

Schmerzreduktion kein klarer Vorteil des CPM-Trainings nach VKB-Plastik nachgewiesen werden kann. Auch Kruse et al. (2012) [65] kommen zu dem Schluss, dass CPM aufgrund des fehlenden Nachweises des therapeutischen Nutzens nach wie vor nicht empfohlen werden kann.

### **Rehabilitatives und Sportartspezifisches Training**

Im Vergleich zur VKB-Plastik mit STG-Sehne gibt es nach VKB-Plastik mit BTB-Technik nur wenige Nachbehandlungsschemata, die explizit ein allgemeines und spezielles Rehabilitationstraining vorsehen. Nach VKB-Ersatzplastik werden in der aktuellen AWMF-S1-Leitlinie der DGU von 2018 [48] eine frühzeitige Bewegungstherapie, Koordinationsübungen, intensive Physiotherapie und spezielles Krafttraining empfohlen. Zu den Zeitpunkten des Beginns oder zu Umfang und Art des Rehabilitativen Trainings werden in der Leitlinie keine genauen Angaben gemacht. Rosso et al. (2016) [105] zeigen, dass ein Physiotherapie-Beginn nach mehr als einem Monat mit einem schlechteren Outcome einhergehen kann. Zudem steigt bei verzögertem Beginn der Physiotherapie das Risiko eines positiven postoperativen Pivot-Shift-Tests.

Angesichts dessen muss zu einem früheren Beginn des Rehaspezifischen Trainings innerhalb des ersten Monats nach Operation geraten werden. Aktuell wird Physiotherapie zu einem größeren Teil erst nach 6 oder mehr Wochen empfohlen (vgl. dazu Abbildung 4.15). Gerade bei zusätzlichen Begleitverletzungen wird das Rehabilitative Training erst verzögert empfohlen.

Zur physiotherapeutischen Behandlungsdauer nennt die Leitlinie [48] einen Zeitraum von 8 bis 12 Wochen. Rosso et al. (2016) [105] zeigen wiederum, dass eine Physiotherapie-Dauer über einen Zeitraum von 3 Monaten mit einer erhöhten Return-to-play-Rate verbunden ist. Patienten nach VKB-Rekonstruktion profitieren also von einem längeren Rehabilitationszeitraum - unabhängig von der Art des Transplantats. Van Grinsven et al. (2010) [128] erweitern den Nachbehandlungszeitraum auf 22 Wochen. Nach van Melick et al. (2016) [129] ist sogar eine Rehabilitationsphase von 9 bis 12 Monaten nötig, um eine Rückkehr zu Höchstleistungs-Sportarten oder körperlich anspruchsvoller Arbeit zu ermöglichen. Eine Rehabilitation von 22 Wochen sei zu wenig, um die Kriterien erfüllen zu können, die nötig sind, zu sportlicher Aktivität zurückzukehren. Gemäß der aktuellen S1-Leitlinie von 2018 [48] ist von kniebelastenden Sportarten oder schweren kniebelastenden Tätigkeiten mindestens 6 Monate lang abzuraten. Herbst et al. (2015) [49] zeigen, dass sogar eine Rehabilitationsphase

von 8 Monaten zu wenig sei, um eine sichere Rückkehr zu sportlicher Aktivität zu gewährleisten.

Zusammenfassend kann man schlussfolgern, dass nach isolierter VKB-Ersatzplastik mit Rehaspezifischem Training innerhalb des ersten Monats begonnen werden sollte und Sportartspezifisches Training meist zwischen dem 4. und 6. Monat postoperativ empfohlen wird. Die Rückkehr zu sportlicher Aktivität ist erst nach 6 Monaten zu empfehlen. Tendenziell scheint ein Rehabilitationszeitraum von mindestens 8 Monaten nötig, um eine sichere Rückkehr gerade zu kniebelastenden Sportarten auf moderatem Niveau zu gewährleisten.

Sowohl die Untersuchungsergebnisse als auch die aktuelle Literatur zeigen deutlich, dass sich die Nachbehandlung nach isolierter VKB-Plastik nach den biomechanischen Eigenschaften des Transplantats und der Operationstechnik richtet. Nach VKB-Plastik mit BTB-Technik wird eine Knochen-Knochen-Heilung induziert, welche einen früheren Rehabilitationsbeginn zulässt. Ein suffizienter Kreuzband-Ersatz mittels STG-Sehne erfordert durch die Sehnen-Knochen-Heilung mit dadurch entstehendem Umbau und Remodeling eine restriktivere und damit längere Rehabilitationsphase.

### **5.2.2. Vordere Kreuzbandplastik mit Begleitverletzungen**

Eine operativ versorgte VKB-Ruptur mit zusätzlichen Begleitverletzungen wird mit einem verzögerten Aufbau der Belastung und des Bewegungsausmaßes nachbehandelt. Außerdem wird im Vergleich zur isolierten VKB-Ruptur häufiger zu einer Orthesenversorgung geraten.

### **Vordere Kreuzbandplastik mit Meniskusbeteiligung**

Es ist deutlich zu erkennen, dass bei zusätzlicher Meniskusreparation neben der Belastung v. a. das Bewegungsausmaß verzögert freigegeben wird. Außerdem wird gerade bei VKB-Ruptur mit Meniskusbeteiligung eine zusätzliche Schienung und Stabilisierung des Kniegelenkes mittels Orthese empfohlen. Insbesondere bei kombinierter Meniskusnaht wird zusätzlich ein allgemeines oder spezifisches Rehabilitationstraining innerhalb der ersten 6 Monate postoperativ durchgeführt.

### **Vordere Kreuzbandplastik nach Unhappy-triad-Verletzung**

Ähnlich zur VKB-Plastik mit Meniskusbeteiligung wird auch nach einer Versorgung einer Unhappy-triad-Verletzung eine restriktivere Herangehensweise als nach isolierter VKB-Plastik empfohlen. Die Untersuchung legt dar, dass im Vergleich zur VKB-Plastik mit Meniskusreparation nach der Versorgung einer Unhappy-triad-Verletzung während der ersten Nachbehandlungsphase früher und stärker das Kniegelenk belastet wird, obwohl die Schwere dieser Kombinationsverletzung mit zusätzlicher Innenbandbeteiligung größer scheint. Bei der Nachbehandlung einer operativ versorgten Unhappy-triad-Verletzung wird weniger häufig ein allgemeines Rehabilitationstraining im Vergleich zu den anderen Operationen empfohlen.

Begleitverletzungen der VKB-Ruptur sind maßgeblich für den weiteren Verlauf der Nachbehandlung entscheidend. Diese Kombinationsverletzungen werden innerhalb eines prolongierten Rehabilitationszeitraums nachbehandelt. Spezielle Nachbehandlungsprotokolle nach VKB-Plastik mit Versorgung von Begleitverletzungen sind in der aktuellen Literatur nicht beschrieben, obwohl die Häufigkeit von begleitender Meniskusreparation bei operativ versorgter VKB-Plastik nach Westermann et al. (2014) [133] bei knapp 20 % liegt. Die Nachbehandlung von Patienten nach VKB-Plastik mit begleitender Meniskus- oder/und Innenbandreparation bedarf genauerer wissenschaftlicher Untersuchungen.

### **5.2.3. Hintere Kreuzbandplastik**

#### **Steigerung der Belastung**

Die Nachbehandlung nach HKB-Ruptur unterscheidet sich grundlegend von derjenigen nach VKB-Ruptur. Gemäß der vorliegenden Untersuchung sind die Empfehlungen zur Belastung im postoperativen Verlauf nach einer HKB-Plastik äußerst inhomogen. Die Nachbehandlungsprotokolle richten sich nicht einheitlich nach einer übergeordneten Vorgabe, sondern nach der individuellen Meinung und Erfahrung der Operateure. Schüttler et al. (2017) [111] empfehlen zu Beginn der Nachbehandlung eine initiale maximale Abrollbelastung in Extension, welche durch eine immobilisierende Orthese während der ersten 6 Wochen gewährleistet wird. Der schrittweise Belastungsaufbau erfolgt erst ab der 7. Woche nach dem Wechsel auf eine dynami-

sche HKB-Rahmenorthese. De Paula Leite Cury et al. (2012) [22] verordnen eine Teilbelastung für 6 Wochen und die Freigabe der Vollbelastung ab der 7. Woche. In der Übersichtsarbeit variieren die Zeitpunkte der Freigabe der Vollbelastung von der 6. Woche bis zur 11. Woche [22]. Nach Kim et al. (2013 [60] empfehlen 60 % der untersuchten Studien die Vollbelastung erst nach 6 Wochen.

Man kann erkennen, dass analog zu den Ergebnissen auch in der aktuellen Literatur die Empfehlungen zur Steigerung der Gewichtsbelastung nach HKB-Plastik deutlich variieren und kein Standard etabliert ist. Die häufigste Empfehlung ist zu Beginn eine Teilbelastung in Extension bis zur 6. Woche und anschließend eine progressive Steigerung der Gewichtsbelastung bis hin zur Vollbelastung in einer dynamischen HKB-Orthese.

### **Steigerung des Bewegungsausmaßes**

Nach Markolf et al. (2004) [80] nehmen bei einer Flexion von über 30° die Kräfte, die auf das HKB wirken, mit dem Ausmaß der Flexion stetig bis ungefähr 105° zu. Durch die Verwendung eines ipsilateralen STG-Transplantats für die HKB-Plastik wird der funktionelle Antagonist des HKB geschwächt und nicht der Agonist wie etwa durch ein Patellarsehnen- oder Quadrizepssehnen-Transplantat. Aufgrund der antagonistischen Wirkung der Flexorengruppe des Kniegelenkes wird von Schüttler et al. (2017) [111] insbesondere von der Anspannung der Hamstring-Muskulatur dringend abgeraten. Während nach einer Plastik des VKB tendenziell eher die Gefahr eines Streckdefizits gegeben ist, so zeigen Irrgang et al. (1995) [55], dass nach einer HKB-Plastik häufiger ein Beugedefizit auftritt. Daher sollte das Bewegungsausmaß nicht zu verzögert freigegeben werden. Die Ergebnisse der Untersuchung lassen erkennen, dass der Großteil der Institutionen das volle Bewegungsausmaß nach 6 Wochen freigibt. Analog dazu zeigen de Paula Leite Cury et al. (2012) [22] in ihrer Übersichtsarbeit, dass meist zwischen der 6. bis 8. Woche mindestens die Flexion bis 90° erreicht werden sollte. Das in dieser Studie erarbeitete Nachbehandlungsprotokoll sieht daher die stufenweise Freigabe des passiven Bewegungsausmaßes bis 90° bis zur 6. Woche vor, von einer aktiven Beugung wird innerhalb dieses Zeitraums - wie auch bei Schüttler et al. (2017) [111] - abgeraten. Ab der 7. Woche wird eine progressive Steigerung des passiven und auch aktiven Bewegungsausmaßes empfohlen. Spätestens im 3. postoperativen Monat soll das volle Bewegungsausmaß erreicht werden. Die Ergebnisse zeigen sogar eine Tendenz zu einem früheren Erreichen des vollen

Bewegungsausmaßes bereits in der 7. bis 8. Woche. In der Übersichtsarbeit von Kim et al. (2013) [60] empfehlen 70 % der Studien ein Bewegungsausmaß von 90° und 120° in der 4. bis 8. Woche und 6. bis 12. Woche postoperativ.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass weder die aktuelle Literatur noch die vorliegenden Ergebnisse ein standardisiertes Vorgehen bei der Freigabe des Bewegungsausmaßes nach HKB-Plastik erkennen lassen. Jedoch kann gezeigt werden, dass ein Konsens dahingehend besteht, das Bewegungsausmaß im Vergleich zu einer VKB-Plastik verzögert freizugeben und eine aktive Beugung des Kniegelenkes innerhalb der ersten 6 Wochen zu vermeiden.

### **Orthesenversorgung**

Die Orthesenversorgung nach HKB-Plastik erfolgt nach einem erkennbaren Standard, welcher auch in der aktuellen Literatur wiederzufinden ist. Zu Beginn der postoperativen Phase empfehlen 70,0 % der Operateure eine PTS-Schiene, welche das Kniegelenk in Streckstellung fixiert. Li et al. (2015) [71] verordnen nach HKB-Ersatzplastik mit autogener STG-Sehne explizit eine Schienung mit posteriorer Unterstützung, da diese - verglichen mit einer regulären Orthesenversorgung - signifikant die mechanische Stabilität und das funktionelle Outcome verbessern kann.

Von dieser Schienung erfolgt innerhalb der 3. bis spätestens 6. Woche der Wechsel auf die dynamische HKB-Orthese. In der Übersichtsarbeit von de Paula Leite Cury et al. (2012) [22] sind Studien zu finden, welche ebenfalls den Wechsel frühestens ab der 3. und spätestens in der 7. Woche empfehlen. Über den geeigneten Zeitpunkt des Wechsels auf die dynamische Orthese besteht weder in der Praxis noch in der aktuellen Literatur ein standardisiertes Vorgehen.

Schüttler et al. (2017) [111] empfehlen die immobilisierende Orthese für 6 Wochen zur Fixierung der nach ventral fixierten hinteren Schublade. Daran angeschlossen wird eine dynamische HKB-Rahmenorthese getragen, unter der der Belastungsaufbau schrittweise erfolgt. Nach 12 Wochen soll die Orthese abtrainiert werden.

Kim et al. (2013) [60] erfassen in ihrem Review lediglich die initial beginnende Immobilisierung in einer PTS-Schiene. In 73 % der untersuchten Studien wird eine protektive Schienung für 6 bis 8 Wochen empfohlen.

Die Empfehlungen zur Orthesenversorgung nach HKB-Plastik lassen in der durchgeführten Untersuchung und in der aktuellen Literatur ein standardisiertes Vorgehen erkennen, welches aus zwei Phasen besteht. Die erste Phase ist das Tragen einer



immobilisierenden Schiene in Extension. Darauf folgt als zweiten Phase ein Wechsel spätestens bis zur 6. Woche postoperativ auf eine dynamische HKB-Orthese.

### **Bewegungsschienen-Therapie**

Aufgrund des zögerlichen Aufbaus des aktiven Bewegungsausmaßes nach HKB-Plastik (s. o.) wird eine standardmäßige Empfehlung zur aktiven Bewegungsschienen-Therapie nicht gegeben. Die aktive Flexion und damit die Gefahr der posterioren Translation der Tibia gefährdet das funktionelle Outcome. Der geringe Anteil an Empfehlungen zur Bewegungsschienen-Therapie gerade innerhalb der ersten Nachbehandlungsphase von 6 Wochen spiegelt das in dieser Untersuchung wider. Auch in der aktuellen Literatur sind Empfehlungen zur Bewegungsschienen-Therapie selten zu finden. Quelard et al. (2010) [96] nennen als Möglichkeit zur Erweiterung des passiven Bewegungsausmaßes eine CPM-Schiene („Arthromotor“). Nach Freigabe der aktiven Flexion im Kniegelenk stellt eine aktive Bewegungsschiene ein nützliches Hilfsmittel zur progressiven Steigerung und Stärkung der Flexion dar.

### **Rehabilitatives und Sportartspezifisches Training**

Im Vergleich zur VKB-Plastik wird ein Rehabilitatives und Sportartspezifisches Trainingsprogramm verzögert empfohlen. Ein standardisiertes rehabilitatives Trainingsprogramm ist dennoch nicht etabliert. Zu Beginn der Rehabilitation wird nach Schüttler et al. (2017) [111] und Kim et al. (2013) [60] frühzeitig isometrisches Quadrizeps-Training mit unterstützender Elektro-Stimulations-Therapie und Beinheben in Extension empfohlen. Diese Trainingstherapie minimiert die posteriore Translation. Nach de Paula Leite Cury (2012) [22] besteht die Tendenz, zunächst Übungen der geschlossenen Kette zu Beginn der Nachbehandlung zu empfehlen und daran Übungen der offenen Kette anzuschließen, und zwar jeweils innerhalb eines Bewegungsausmaßes, welches in einer anterioren tibialen Translation resultiert.

Gemäß der Untersuchung fehlen rehabilitative Trainingsprogramme innerhalb der ersten 6 Wochen. Grund hierfür ist die Vermeidung von aktiver Hamstring-Kontraktion während dieses Zeitraums. Kim et al. (2013) [60] zeigen, dass aktive Hamstring-Übungen von den untersuchten Studien zwischen der 6. und 24. Wochen durchgeführt werden. Die Disziplinen, welche in dieser Untersuchung unter Rehabilitatives Training zusammengefasst werden (vgl. dazu Tabelle 3.4), bedürfen einer aktiven Beugung des

## 5. Diskussion

Kniegelenkes. Daraus folgt, dass eine Vermeidung der aktiven Beugung des Kniegelenkes standardmäßig für mindestens 6 Wochen empfohlen wird. Jedoch unterliegt der Start des Rehabilitativen Trainings in dieser Untersuchung, analog zu den Ergebnissen von Kim et al. (2013) [60], ebenfalls einer hohen Variabilität (zwischen der 7. und 13. Woche). Es sind hinsichtlich des verzögerten Einsatzes, aber auch des variablen Beginns von Rehabilitativem Training Parallelen zur aktuellen Studienlage zu erkennen.

Der Beginn des Sportartspezifischen Trainings liegt der Untersuchung nach zwischen der 11. postoperativen Woche und 9 Monaten nach Operation. Sportliche Aktivität bzw. Sportartspezifisches Training wird nach de Paula Leite Cury et al. (2012) [22] im 6. postoperativen Monat empfohlen, leichtes Lauftraining kann bereits im 4. postoperativen Monat begonnen werden, allerdings bis zum 6. postoperativen Monat noch mit Orthese. Die Rückkehr zu sportlicher Aktivität wird nach Schüttler et al. (2017) [111] abhängig von der muskulären Stabilität ca. 6 Monate nach dem Trauma oder der Operation empfohlen.

Man sieht anhand der aktuellen Studienlage und der erhobenen Ergebnisse, dass auch bezüglich der Rückkehr zu sportlicher Aktivität nach HKB-Rekonstruktion kein Konsens besteht. Gerade die Art der Übungen eines sportartspezifischen Trainingsprogramms ist kaum beschrieben und bedarf genauerer Untersuchung.

Kim et al. (2013) [60] geben bezüglich der aktuell zur Verfügung stehenden Nachbehandlungsprotokolle an, dass trotz der Tatsache, dass die meisten Studien unterschiedliche Nachbehandlungsprotokolle verwenden, diese Vorgehensweisen allerdings eine gute Stabilität und eine funktionelle Verbesserung des Kniegelenkes vorweisen können. Die hier untersuchten Nachbehandlungsrichtlinien nach HKB-Rekonstruktion folgen gerade in der initialen Nachbehandlungsphase der ersten 6 Wochen in den Kategorien der Gewichtsbelastung, des Bewegungsausmaßes, der Bewegungsschienen-Therapie und des Rehabilitativen Trainings einem Konsens. Jedoch gestaltet sich die Nachbehandlung im weiteren Verlauf unterschiedlich, v. a. beim Rehabilitativen Training.

### 5.3. Nachbehandlung nach operativer Versorgung der Menisken

Verletzungen der Menisken treten sehr häufig auf. Nach Hede et al. (1990) [43] liegt die Inzidenz bei Männern bei 9,0 und bei Frauen bei 4,2 pro 10.000. Der mediale Meniskus ist weitaus häufiger betroffen als der laterale Meniskus. Nach Baker et al. (1985) [8] und Campbell et al. (2001) [16] beträgt die Verteilung 4:1 bis 2:1 (medial/lateral). Eine operative Versorgung mit Meniskusresektion wird nach Baker et al. (1985) [8] in 6,1 Fällen pro 10.000 notwendig.

Die Erfolgsrate einer operativen Versorgung der Menisken ist nach Tengrootenhuisen et al. (2011) [123] rund 74 %. Nach einer erfolglosen Operation entwickeln im Verlauf 81 % der Patienten radiologisch feststellbare arthrotische Veränderungen des Kniegelenkes gegenüber 14 % nach erfolgreicher operativer Versorgung. Badlani et al. (2013) [7] zeigen, dass gerade die Extrusion des Innenmeniskus, komplizierte Risse und Rupturen von großem radialem Ausmaß Risikofaktoren für die Entstehung einer Arthrose im Kniegelenk darstellen. Dies hebt die Bedeutung einer suffizienten Versorgung von Meniskusläsionen hervor, gerade zur Vermeidung von spätauftretenden arthrotischen Folgeschäden im betroffenen Kniegelenk.

#### 5.3.1. Meniskusrefixation

Nach Englund et al. (2001) [27] und Kubiak et al. (2010) [67] ist bei der Meniskusrefixation die Lokalisation des Risses für eine suffiziente Heilung und damit für das Langzeit-Outcome von entscheidender Bedeutung: Während Rupturen in der peripheren, vaskularisierten Zone des Meniskus vergleichsweise rasch und suffizient ausheilen, so benötigen Rupturen gerade im zentralen, avaskulären Drittel einen längeren Nachbehandlungszeitraum. Auch das Erreichen wichtiger Meilensteine der Rehabilitation wie das Wiedererlangen der Vollbelastung, des vollen Bewegungsausmaßes und die Rückkehr zu sportlicher Aktivität sind später anzusetzen. Heckmann et al. (2006) [42] weisen zusätzlich darauf hin, dass gerade radiale Rupturen eine besondere Vorsicht gebieten bezüglich verfrühter übermäßiger Belastung, welche zum Ausriss der Naht führen kann. Die Lokalisation der Ruptur hat daher auch Auswirkungen auf das Rehabilitationsprogramm.

Nach Kalliakmanis et al. (2008) [58] besteht bezüglich der Fixationstechnik kein wesentlicher Unterschied in den klinischen Resultaten. Van der Have et al. (2015) [130]

## 5. Diskussion

wiederum messen der Fixationstechnik im Hinblick auf das klinische Outcome eine große Bedeutung bei. Danach spielt für das klinische Endresultat nach Meniskusrefixation neben der Lokalisation des Risses die operative Versorgungstechnik eine besondere Rolle. Ein Vergleich zwischen verschiedenen RCTs zur Evaluierung eines optimalen Rehabilitationsprogrammes gestaltet sich schwierig, da operative Versorgung und Nachbehandlung in Bezug auf das klinische Outcome nicht strikt voneinander getrennt werden können.

Wie bereits in Abschnitt 4.4.2 gezeigt, stellt sich die Abstufung der Belastung gemäß der durchgeführten Untersuchung sehr heterogen dar. Ein Standard ist nicht auszumachen. Ein möglicher Erklärungsansatz ist das Fehlen allgemeingültiger, standardisierter Rehabilitationsprotokolle.

Klinische Studien der letzten beiden Jahrzehnte prüfen die Frage, ob die unmittelbare Vollbelastung und Freigabe des Bewegungsausmaßes nach Meniskusrefixation eine sichere Methode der Nachbehandlung darstellen (Barber et al. (2008) [9], Lee und Diduch (2005) [69], Lind et al.(2013) [73], Mariani et al. (1996) [79], Van der Have et al. (2015) [130]). Die Studien zeigen, dass aufgrund der geringen Fehlerrate in den Endresultaten nach einer aggressiveren Nachbehandlung eine derartige Herangehensweise mit unmittelbarer Vollbelastung und geringer bis fehlender Restriktion des Bewegungsausmaßes durchaus im klinischen Alltag angewendet werden kann.

Die Ergebnisse dieser Untersuchung zeigen, dass eine mehrwöchige Restriktion der Flexion nach Meniskusrefixation verbreitet empfohlen wird. Oben genannte Studien legen demgegenüber keine Notwendigkeit der Restriktion dar. Lin et al. (2013) [72] untermauern mit ihrer Studie an Knie-Kadavern die These, dass Flexion in höherem Ausmaß keinen übermäßigen Stress auf eine Meniskusnaht ausübt. Demnach ist eine Restriktion der Flexion zum Schutz des fixierten Meniskus nicht notwendig. Vorschlag wäre daher eine Freigabe des Bewegungsausmaßes in einem Umfang, welcher sich an der postoperativen Schwellung des Kniegelenkes orientiert und sich schmerzadaptiert erweitert.

Untersuchungen zur Orthesenversorgung nach Meniskusrefixation sind kaum vorhanden. Daher ist ein Vergleich der Ergebnisse mit wissenschaftlichen Arbeiten schwierig. Die Anwendung einer Immobilisationsschiene unmittelbar postoperativ ist nicht Standard. In der systematischen Übersichtsarbeit von O'Donnell et al. (2017) [91] zur Nachbehandlung nach Meniskusrefixation reichen die Empfehlungen von einer Ruhigstellung für die ersten ein bis zwei Wochen in einer Schiene bis hin zum 6-wöchigen Tragen einer Knie-Extensionsschiene. Heckmann et al. (2006) [42] empfehlen in ihrer

Richtlinie das 6-wöchige Tragen einer Schiene nur bei einer komplexen Meniskusnaht, bei der der Riss bis in das zentrale, avaskuläre Drittel des Meniskus reicht. Auch das Anlegen einer Orthese wird nicht standardmäßig empfohlen. Das Fehlen randomisierter, prospektiver Studien zur Orthesenversorgung nach Meniskusrefixation macht eine evidenzbasierte Nachbehandlung mittels Orthese unmöglich.

Bezüglich einer Bewegungstherapie in Form von CPM gibt es nur wenige Therapie-vorschläge. Ein Vergleich der Resultate mit den Ergebnissen anderer Studien fällt schwer. Majewski et al. (2006) [76] beginnen mit der funktionellen Bewegungstherapie bereits am Tag der Operation. Dieses frühfunktionelle Training startet ebenso bei mehr als zwei Dritteln der untersuchten Behandlungsrichtlinien bereits in den ersten Tagen der postoperativen Phase und kann als standardisiertes Vorgehen angesehen werden.

Die Rückkehr zu sportlicher Aktivität wird sehr variabel terminiert. Die untersuchten Nachbehandlungsrichtlinien machen Angaben von der 7. Woche bis zum 7. Monat nach Operation. Wie O'Donnell et al. (2017) [91] in ihrer Übersichtsarbeit zeigen, gibt der Großteil der untersuchten Studien die Rückkehr zum Sportartspezifischen Training im Zeitraum zwischen der 16. und 24. postoperativen Woche an. Allerdings sind in der aktuellen Literatur auch akzelerierte Nachbehandlungsprotokolle zu finden, welche Sportartspezifisches Training bereits in einem Zeitraum der Wochen 8 bis 12 empfehlen. Beispielsweise geben Eggli et al. (1995) [25], Gallacher et al. (2010) [34] oder auch Suganuma et al. (2010) [119] die 12. Woche als frühesten Zeitpunkt zur Rückkehr zu sportlicher Aktivität an. Lind et al. (2013) [73] setzen in ihrer RCT im akzelerierten Rehabilitationsprogramm den Zeitpunkt zur Aufnahme des Lauftrainings bereits nach der 8. Woche. Kontaktsportarten werden erst nach 4 Monaten empfohlen. In der durchgeführten Untersuchung wird der Beginn des Sportartspezifischen Trainings meist nach 3 Monaten gewählt, aber auch Empfehlungen zu Lauftraining ab der 9. Woche sind zu finden. Man sieht deutlich, dass die Ergebnisse der Untersuchung mit einigen aktuellen Studien gut in Einklang zu bringen sind. Demnach ist sportliche Aktivität nach Meniskusrefixation durchaus schon im 3. bis spätestens 6. postoperativen Monat als ungefährlich und empfehlenswert einzustufen.

### 5.3.2. Meniskusresektion

Indikationen zur Meniskusteilresektion sind gemäß der S2-Leitlinie nach Becker et al. (2015) [11] u. a. Meniskusrisse in der Weiß-Weiß-Zone, komplexe Meniskusrisse, die

bis in die Zone I nach Cooper (basisnah bzw. meniskosynovialer Übergang) reichen, und stark degeneratives oder mechanisch zerstörtes Gewebe. Xu und Zhao (2015) [139] demonstrieren, dass im Vergleich zur Meniskusteilresektion die Meniskusnaht bessere klinische Langzeitergebnisse nach Patientenangaben und auch geringere Fehlerraten aufweisen. Zum Ausmaß der Resektion zeigen Salata et al. (2010) [106], dass das Risiko eines spätauftretenden arthrotischen Schadens im betroffenen Kniegelenk nach einer totalen Resektion im Vergleich zur Teilresektion signifikant erhöht ist. Nach Hede et al. (1992) [44] steht das klinische Outcome nach Meniskusresektion in umgekehrtem Verhältnis zur Menge an reseziertem Meniskusgewebe. Damit ist der größtmögliche Erhalt von funktionsfähigem Meniskusgewebe von immenser Bedeutung für das Langzeitergebnis.

Die Untersuchung zeigt, dass ein großer Konsens bezüglich der Rückkehr zur Vollbelastung nach Meniskusteilresektion herrscht (vgl. Abbildung 4.17). Da die defekten und eventuell blockierenden Anteile der Menisken operativ entfernt sind, gibt es keine absolute Indikation für die Restriktion der Belastung. Eine Vollbelastung schon im Laufe der ersten postoperativen Woche nach isolierter Meniskusteilresektion ist möglich und erstrebenswert und wird auch im klinischen Alltag angewandt.

Die fehlenden Empfehlungen zu einer Versorgung des Kniegelenkes mittels Orthese können einerseits dadurch erklärt werden, dass das Bewegungsausmaß nicht eingeschränkt wird (vgl. Abbildung 4.18). Daher entfällt die Funktion der Orthese, die Flexion mittels manueller Einstellung zu sperren, um das therapeutische Bewegungsausmaß nicht zu überschreiten.

Andererseits ist die Stabilität des Kniegelenkes bei einer isolierten Verletzung des Meniskus ohne Begleitverletzungen der Seiten- oder Kreuzbänder in allen Ebenen gesichert und bedarf keiner zusätzlichen Führung.

Die Anwendung einer aktiven Bewegungsschiene nach Meniskusresektion unterscheidet sich zu anderen operativen Versorgungen. Grund dafür kann die unterschiedliche Zielsetzung der operativen Versorgung sein, welche nicht darin besteht, anatomische Defekte zu reparieren oder zu ersetzen, sondern destruierte und hindernde Anteile des rupturierten bzw. degenerierten Meniskus zu entfernen. Daher entfällt eine frühe Schonungsphase von frisch fixierten Transplantaten (vgl. dazu Abbildung 4.14 zu VKB/HKB-Plastik oder Abbildung 4.28 zu MPFL-Plastik) oder von kürzlich gesetzten Nähten an Menisken (vgl. Abbildung 4.21, Meniskusrefixation).

Ein Bewegungstraining in Form von Ergometertraining und ein Sportartspezifisches Training können nach Meniskusresektion im Vergleich zu anderen operativen Ein-

griffen an den Menisken innerhalb des ersten bzw. beim Sportartspezifischen Training innerhalb des zweiten postoperativen Monats erfolgen. Eine frühere Rückkehr zu sportlicher Aktivität ist nach Kim et al. (2013) [61] bei jüngeren Patienten mit einem hohen Aktivitätslevel möglich, zudem ist sie abhängig vom Umfang der Resektion. Daher muss auch der Zeitpunkt des Beginns des Sportartspezifischen Trainings individuell gestaltet werden, zumal Angaben zur Rehabilitation nach Meniskusresektion in der „Leitlinie Meniskuserkrankungen der Deutschen Gesellschaft für Orthopädie und Unfallchirurgie (DGOU)“ (2015) [11] fehlen. Diese Umstände erklären die großen Unterschiede in der Nachbehandlung bzgl. des Beginns des Sportartspezifischen Trainings (3. bis 13. Woche, Abschnitt 4.4.6).

### 5.3.3. Meniskusimplantation/CMI

Nach Harston et al. (2012) [40] besteht eine große Variabilität hinsichtlich der Nachbehandlung nach CMI. Dementsprechend machen die Ergebnisse zur Meniskusimplantation deutlich, dass ein Konsens in den Bereichen Gewichtsbelastung, Bewegungsausmaß, Bewegungsschienentherapie und Rehabilitativem Training fehlt. Grund dafür kann die nicht ausreichende Erprobung des Verfahrens unter Studienbedingungen sein. Im deutschsprachigen Raum scheint eine 8-wöchige Orthesenversorgung nach CMI etabliert, auch wenn sich dahingehend die Empfehlungen in der Literatur unterscheiden.

Die mindestens 4-wöchige Restriktion der Belastung findet sich auch im Rehabilitationsprotokoll von Heckmann et al. (2006) [42] bzw. im modifizierten Protokoll von Noyes, Heckmann et al. (2012) [89] wieder. Im Nachbehandlungsprotokoll von Zaffagnini et al. (2016) [141] wird die Vollbelastung nach 5 Wochen wiedererlangt. Gemäß der systematischen Übersichtsarbeit von Rosso et al. (2015) [104] wird die Rückkehr zur Vollbelastung durchschnittlich nach  $6,2 \pm 1,9$  Wochen empfohlen, bei den untersuchten Institutionen nach  $6,3 \pm 2,0$  Wochen. Die Nachbehandlungsprotokolle stimmen somit hinsichtlich der Wiederbelastung mit aktuellen Studien überein. Cole et al. (2006) [19] erlauben im Rahmen ihrer prospektiven Studie nach Meniskustransplantation unmittelbar postoperativ eine Belastung bis zur Toleranzgrenze mit Gehstützen. Auch das Bewegungsausmaß wird nicht eingeschränkt. Lediglich die Belastung bei Flexion des Kniegelenkes von über  $90^\circ$  wird zur Vermeidung posteriorer Scherkräfte nicht empfohlen. Diese Studie ergab gute klinische Outcomes bei Anwendung des beschleunigten Rehabilitationsprogramms.

## 5. Diskussion

Nach Noyes, Heckmann et al. (2012) [89] und Zaffagnini et al. (2016) [141] kann nach einer Meniskustransplantation das Erreichen eines Bewegungsausmaßes von über 120° ab der 5. Woche versucht werden. Die Übersichtsarbeit von Rosso et al. (2015) [104] ermittelt einen durchschnittlichen Zeitpunkt des Erreichens des vollen Bewegungsumfanges von  $6,3 \pm 2,9$  Wochen. Die untersuchten Behandlungsrichtlinien ergeben einen Wert von  $7,1 \pm 1,0$  Wochen. Es ist also eine Variabilität festzustellen hinsichtlich der Abstufung bzw. der Freigabe des Bewegungsausmaßes.

Nach Rosso et al. (2015) [104] besteht in Studien keine einheitliche Übereinkunft hinsichtlich des Gebrauchs einer Orthese nach CMI. Dagegen spricht die eindeutige Empfehlung der untersuchten Institutionen, welche ohne Ausnahme eine 8-wöchige Orthesenversorgung verordnen. Cole et al. (2006) [19] und Noyes, Heckmann et al. (2012) [89] empfehlen eine Orthese für 6 Wochen. Man kann festhalten, dass ein Konsens unter den untersuchten Institutionen dahingehend herrscht, Kniegelenke nach Meniskustransplantation mit einer Orthese zu versorgen, auch wenn in der Literatur unterschiedliche Angaben zu finden sind, ob und wie lange eine Orthesenversorgung zu empfehlen ist.

Die Angaben zu Bewegungsschientherapie nach CMI in der Literatur sind nicht ausreichend, um die Ergebnisse der Untersuchung vergleichend darzustellen. Rosso et al. (2015) [104] zeigen zudem, dass bezüglich einer Nachbehandlung mittels CPM keine Übereinstimmung in Studien gegeben ist.

Cole et al. (2006) [19] lassen Patienten nach CMI 12 Wochen postoperativ bereits leichtes Lauftraining absolvieren und erlauben, das Tempo stufenweise zu steigern, in Verbindung mit Sportartspezifischem Training. Empfehlungen zu Sportartspezifischem Training fehlen in den Nachbehandlungsrichtlinien der hier durchgeführten Untersuchung, da diese vermutlich außerhalb des untersuchten Zeitraums von 6 Monaten gegeben werden. Heckmann et al. (2012) [42] setzen den Beginn des Lauftrainings und der Rückkehr zu voller sportlicher Aktivität zwischen dem 7. und 12. postoperativen Monat. Analog dazu ist davon auszugehen, dass dies ebenso von den untersuchten Institutionen empfohlen wird. Man erkennt im Bereich des Rehabilitativen Trainings bzw. der Rückkehr zu sportlicher Aktivität eine deutliche Diskrepanz innerhalb der Studien. Nach Zaffagnini et al. (2016) [141] ist eine Wiederaufnahme der sportlichen Aktivität in 74 %, die Rückkehr zum präoperativen Aktivitätslevel sogar in 49 % der Fälle möglich, wobei als wichtigster positiver Faktor ein niedriges Alter zum Zeitpunkt der Operation angesehen wird.



## 5. Diskussion

In der Zusammenschau von Ergebnissen und aktueller Literatur zur Nachbehandlung nach meniskus chirurgischen Eingriffen ist festzustellen, dass gerade nach Meniskusrefixation im klinischen Alltag kein Konsens darüber herrscht, ob und in welchem Umfang Kontakt- und Scherkräfte auf die Meniskusnaht ausgeübt werden können, obwohl die aktuelle Literatur eine frühzeitigere Rehabilitation als derzeit praktiziert für durchführbar hält. Die Nachbehandlung nach Meniskusresektion hingegen erfolgt weitestgehend standardisiert. Zur Rehabilitation nach CMI ist noch keine ausreichende klinische Praxis mit Langzeitergebnissen gegeben, sodass derzeit mehrere Strategien verfolgt werden, ohne auf Erfahrungswerte oder Evidenz zurückgreifen zu können. Weitere Untersuchungen zur Nachbehandlung nach CMI sind in Zukunft nach Etablierung des OP-Verfahrens von Nutzen und notwendig.

## 5.4. Nachbehandlung nach operativer und konservativer Versorgung des patellofemorales Gelenkes

Gemäß der aktuellen S1-Leitlinie der DGU zur Patella-Luxation [56] sind die konservative Therapie und die operative Versorgung durch MPFL-Rekonstruktion oder -Plastik zwei Therapieoptionen der akuten Patellaluxation. Nach Sillanpää, Matilla et al. (2008) [115] und Atkin et al. (2000) [5] treten traumatisch bedingte Patellaluxationen häufig bei jungen Männern und Frauen um das 20. Lebensjahr auf, meist bei körperlicher bzw. sportlicher Aktivität. Größtes Problem der konservativen Therapie ist die hohe Relaxationsrate, welche von Cofield et al. (1977) [18] und Mäenpää et al. (1997) [75] mit 44 % angegeben wird. Aktuellere Studien von Stefancin et al. (2007) [118], Cheng et al. (2014) [17] und Zheng et al. (2014) [144] legen dar, dass die Relaxationsrate nach konservativer Therapie im Vergleich zur operativen Versorgung höher ist.

### 5.4.1. MPFL-Rekonstruktion

Grundsätzlich ist zur Rehabilitation nach MPFL-Rekonstruktion festzustellen, dass eine sehr hohe Variabilität gegeben ist, v. a. in den Modulen der Gewichtsbelastung und des Bewegungsausmaßes und im Hinblick auf den Zeitpunkt der Rückkehr zu sportlicher Aktivität. Das wird durch aktuelle Übersichtsarbeiten zu diesem Thema eindeutig gestützt. Ein Konsens ist in keinem Modul der Nachbehandlung auszumachen. Absolute Indikation zur operativen Rekonstruktion des MPFL besteht bei osteochondraler Flakefraktur, bei nicht retinierbarer Patellaluxation und bei Luxationsfraktur. Das vollständig rupturierte MPFL bzw. mediale Retinaculum stellt gemäß S1-Leitlinie der DGU nur eine relative OP-Indikation dar [56].

Die durchgeführte Untersuchung lässt deutlich erkennen, dass nach MPFL-Rekonstruktion im Vergleich zur konservativen Therapie nach Patellaluxation eine wesentlich frühere Rückkehr zur vollen Gewichtsbelastung möglich ist. Die Variabilität der Empfehlungen zur Belastung nach MPFL-Rekonstruktion ist hoch und lässt sich in weiteren Untersuchungen zeigen. Die Angaben der Übersichtsarbeit von Fisher et al. (2010) [30] reichen von fehlender Restriktion der Gewichtsbelastung bis hin zum Erlangen der Vollbelastung nach 6 Wochen. Zaman et al. (2017) [142] legen dar, dass

## 5. Diskussion

Nachbehandlungsprotokolle von Studien zur MPFL-Rekonstruktion am häufigsten Angaben zur Gewichtsbelastung enthalten. Jedoch können diese durch ihre Variabilität nicht dazu beitragen, eine standardisierte Leitlinie zu erstellen, welche Voraussetzung für eine optimale Rehabilitation des Patienten ist.

Angaben zum Bewegungsausmaß sind in der Literatur zwar oft enthalten, unterscheiden sich jedoch deutlich. Fisher et al. (2010) [30] führen Studien an, welche die Restriktion des Bewegungsausmaßes ab der 4. Woche aufheben und solche, welche das Erreichen von 45° bis 60° Flexion nach MPFL-Rekonstruktion im Zeitraum der 5. bis 6. Woche anstreben. In Studien enthaltene Rehabilitationsprotokolle enthalten nach Zaman et al. (2017) [142] häufig Empfehlungen zum Bewegungsausmaß, oftmals in Verbindung mit Angaben zu Knie-Immobilisierungsschienen und/oder Orthesen, welche das aktive und passive Bewegungsausmaß mechanisch beschränken und die Patella in ihrem Gleitlager halten sollen. Doch diese Angaben sind sowohl in Umfang als auch Terminierung äußerst variabel.

Während nach Zaman et al. (2017) [142] mehr als 75 % der Studien Empfehlungen zu Immobilisationsschienen und/oder Orthesenversorgung machen, so sind es in dieser Untersuchung lediglich ca. 55 %. Dies scheint hinsichtlich der Bedeutung einer postoperativen Ruhigstellung bzw. Orthesenversorgung nach MPFL-Rekonstruktion unzureichend.

Postoperativer therapeutischer Gebrauch einer CPM-Schiene ist in der Literatur im Vergleich dazu seltener zu finden. Meist beziehen sich die Angaben nicht auf die Therapeuedauer, sondern lediglich auf den Zeitpunkt des Beginns der Bewegungsschientherapie, welcher nach Fisher et al. (2010) [30] zwischen dem 2. und 3. Tag liegt. Laut den Ergebnissen der durchgeführten Untersuchung setzen knapp 60 % der Institutionen ebenfalls den Therapiebeginn innerhalb der ersten 3 Tage, andere Institutionen erst später bis hin zur 3. postoperativen Woche.

Der zentrale Punkt des Rehabilitativen Trainings ist nach Fisher et al. (2010) [30] das Quadrizeps-Training zur Stärkung v. a. des M. vastus medialis. Es dient der Verhinderung der Komplikation einer Quadrizeps-Dysfunktion, welche in der Übersichtsarbeit bei 31 % liegt und noch vor eingeschränktem Bewegungsausmaß (18,6 %) und positivem Apprehension-Zeichen (20,6 %) die häufigste Komplikation nach MPFL-Rekonstruktion darstellt. Dieses Training wird teilweise bereits ab dem ersten postoperativen Tag durchgeführt. Sportartspezifisches Training bzw. die Rückkehr zu sportlicher Aktivität wird von den Operateuren meist zwischen dem 3. und 4. postoperativen Monat empfohlen. Die von Fisher et al. (2010) [30] untersuchten Studien

setzen die Rückkehr zu voller sportlicher Aktivität zu 38,5 % nach 3 Monaten, zu 7,7 % nach 4 Monaten und zu 53,8 % nach 6 Monaten an. Zaman et al. (2017) [142] vergleichen 53 Studien zur MPFL-Rekonstruktion hinsichtlich der Angaben zum Zeitpunkt zur Rückkehr zu sportlicher Aktivität. Während gut ein Drittel der Studien dazu keine Angaben macht, so reichen die Empfehlungen von der 10. bis 12. Woche ( $n = 1$ ; 1,9 %) bis hin zum 6. Monat ( $n = 18$ ; 34,0 %). Hier ist ein großer Unterschied in der Rehabilitation nach MPFL-Rekonstruktion festzustellen.

RCTs zur Evaluierung eines Standards in der Nachbehandlung nach MPFL-Rekonstruktion sind gerade in den Bereichen der Gewichtsbelastung, des Bewegungsausmaßes und der Rückkehr zu sportlicher Aktivität notwendig. Ebenso sollte durch prospektive Studien untersucht werden, ob und in welchem Ausmaß CPM in der Nachbehandlung nach MPFL-Rekonstruktion von Nutzen sein kann.

### 5.4.2. Konservative Therapie bei patellarer Instabilität

Es besteht ein Konsens bezüglich einer Ruhigstellung von 2-3 Wochen nach Patellaluxation mit einer Form von Schienung bzw. Orthese in einer Flexion von 15° bis 30°. Über den weiteren Verlauf der Therapie im Hinblick auf CPM/CAM werden in der aktuellen Literatur selten Angaben gemacht und bezüglich weiterer rehabilitativer Trainingsmaßnahmen mehrere Ansätze verfolgt. Ein Zeitpunkt zur sicheren Rückkehr zu erneuter sportlicher Aktivität kann nur selten angegeben werden.

Nach Sillanpää, Mäenpää et al. (2008) [113], Sillanpää, Matilla et al. (2009) [114] und Stefancin et al. (2007) [118] besteht die Indikation zur initialen konservativen Versorgung der Patellaluxation bei traumatischer Erstluxation ohne osteochondralem Flake nach Abwägung der individuellen Wahrscheinlichkeit einer Reluxation.

Nach der Patellaluxation und der geschlossenen Reposition der Patella wird von Stefancin et al. (2007) [118], Frosch et al. (2011) [33] und Duthon (2015) [23] eine Immobilisationsphase von 2-3 Wochen beschrieben. Diese Ruhigstellung erfolgt in einer fixierten Stellung des Kniegelenkes in einer Flexion von 15° bis 20° [33] bzw. 20° [23] in einer gesperrten Orthese oder Schiene zur Annäherung der rupturierten passiven patellaren Stabilisatoren. Zur Art der Schienung bzw. Orthese zeigen Mäenpää et al. (1997) [75] und van Gemert et al. (2012) [127] durch ihre Untersuchungen, dass eine hintere Lagerungsschiene des Kniegelenkes anderen Stabilisierungsmöglichkeiten

## 5. Diskussion

durch geringere Re- und Subluxationsraten und Verringerung von patellofemoralem Schmerz überlegen ist. Duthon (2015) [23] empfiehlt das Anlegen einer Orthese zur patellaren Stabilisierung, sobald dies der Schmerz erlaubt.

Während Frosch et al. (2011) [33] vor einer sofortigen Mobilisation aufgrund daraus resultierender erhöhter Reluxationsraten warnen, sprechen sich Stefancin et al. (2007) [118] und Duthon (2015) [23] für eine frühe Mobilisation mit der frühest möglichen schmerzadaptierten Belastung aus, ohne genauere Angaben zum Zeitpunkt zu machen. Die Begründung dafür besteht nach Hinton et al. (2003) [51] im Erhalt der Trophizität des Gelenkknorpels durch Vermeidung langer Immobilisation. Frosch et al. (2011) [33] empfehlen eine Teilbelastung während der Initialphase von 2-3 Wochen und daran anschließend eine schmerzadaptierte, zunehmende Vollbelastung. Die aktuelle S1-Leitlinie der DGU (2014) [56] geht nach einer Immobilisation in Streckstellung für lediglich wenige Tage zu einer Teilbelastung der betroffenen Extremität über, ohne nähere zeitliche Angaben zu machen. Sie empfiehlt darauf folgend eine 4-Punkt-Orthese mit stufenweise limitierter Flexion für 6 Wochen.

Nach der initialen Immobilisationsphase soll das Bewegungsausmaß gemäß der S1-Leitlinie der DGU (2014) [56] durch die ROM-Orthese über 6 Wochen stufenweise erweitert werden. Diese Empfehlungen entsprechen den in der Untersuchung erhobenen Ergebnisse zu Bewegungsausmaß und Orthesenversorgung. Nach Atkin et al. (2000) wird das volle Bewegungsausmaß ebenfalls nach 6 Wochen erreicht. Nach Ménétrey et al. (2014) [85] ist das Wiedererlangen des vollen Bewegungsausmaßes von essentieller Bedeutung für eine Rückkehr zu voller sportlicher Aktivität auf einem vergleichbaren Level wie vor der Luxation.

Zu den rehabilitativen Trainingsmaßnahmen bei nichtoperativer Therapie einer Patellaluxation gibt es verschiedene Ansätze. Die funktionelle Nachbehandlung wird durch Stefancin et al. (2007) [118] und Duthon (2015) [23] unmittelbar an die Immobilisationsphase angeschlossen. Die S1-Leitlinie der DGU (2014) [56] empfiehlt dagegen den Übergang zur funktionellen Nachbehandlung nach 6 Wochen. Neben nicht näher beschriebenen physikalischen Maßnahmen beginnen nach 6 Wochen frühzeitige isometrische Kräftigungsübungen des Quadrizeps, insbesondere des M. vastus medialis obliquus, da der Muskel durch mögliche Insuffizienz eine laterale Luxation begünstigt. Smith et al. (2009) [116] hingegen empfehlen für Patienten mit patellarer Instabilität keine selektive Kräftigung des M. vastus medialis obliquus, da dieser Effekt des selektiven Ansprechens dieses Muskels nicht nachgewiesen werden konnte. Vielmehr wird eine Kräftigung der gesamten Quadrizeps-Muskulatur empfohlen. Die These der se-

## 5. Diskussion

lektiven Ansteuerung dieser Muskelpartie wird von der aktuellen S1-Leitlinie noch verfolgt, wird aber von Stefancin et al. (2007) [118] und Duthon (2015) [23] abgelehnt. Sie nennen zwar die Kräftigung des M. vastus medialis obliquus als wichtigen Punkt, weisen jedoch darauf hin, dass daneben auch der generellen Muskelkräftigung und dem Muskelaufbau, der Elektrotherapie und der Propriozeption eine große Bedeutung für die funktionelle Nachbehandlung beigemessen werden muss. Frosch et al. (2011) [33] empfehlen zur Förderung der Propriozeption neben dem Rüttelbrett und der Power Plate das Kinesio-Taping des patellofemoraleen Bereiches.

Duthon (2015) [23] empfiehlt zunächst nach der Frühmobilisation Trainingsmethoden in der geschlossenen Kette und eine passive Mobilisierung des betroffenen Kniegelenkes. Auch Frosch et al. (2011) [33] setzen in den ersten Wochen den Beginn von muskelaufbauenden Übungen in der geschlossenen Kette. Sie empfehlen außerdem ein vorsichtiges Lauf- und Ergotraining nach 5 bis 6 Wochen. Als Voraussetzung dafür müsse lediglich die Schmerzfreiheit gegeben sein. Sportliche Aktivität werde im Verlauf freigegeben. Das Training zur Verbesserung der Propriozeption und zum Muskelaufbau soll auch nach der Rehabilitationsphase ein- bis zweimal pro Woche fortgeführt werden. Um zu voller sportlicher Aktivität zurückkehren zu können, müssen nach Atkin et al. (2000) [5] neben dem Erreichen des vollen Bewegungsausmaßes weitere Voraussetzungen erfüllt werden. Dazu zählen das Fehlen einer Knieanschwellung und das Erreichen von mindestens 80 % der Muskelkraft des Quadrizeps im Vergleich zur nicht betroffenen Extremität. Zeitliche Angaben zur Rückkehr zu sportlicher Aktivität fehlen in der Literatur meist. Die erhobenen Ergebnisse legen dar, dass sowohl das Rehabilitative Training als auch das Sportartspezifische Training als Indikator zur Rückkehr zu sportlicher Aktivität selbst nach 6 Monaten nicht breit empfohlen wird - auch im Vergleich zur operativen Versorgung mittels MPFL-Rekonstruktion (vgl. Abbildung 4.29). Daraus lässt sich ein sehr vorsichtiger Umgang v. a. mit Sportartspezifischem Training innerhalb der ersten 6 postoperativen Monate erkennen. Atkin et al. (2000) [5] verbieten sportliche Aktivität innerhalb der ersten 6 Monate. Noch nach 6 Monaten haben 58 % der Patienten Probleme mit anstrengenden Trainingsübungen. Diese Studie stützt ebenso den vorsichtigen Umgang mit Sportartspezifischem Training nach konservativer Therapie der Patellaluxation.

Die Angaben der aktuellen Literatur decken sich mit den in dieser Untersuchung erhobenen Daten und spiegeln einen Konsens wieder - sowohl in den Modulen der

## 5. Diskussion

Gewichtsbelastung und des Bewegungsausmaßes als auch in der Verwendung von Schienen bzw. Orthesen. Im Bereich des Rehabilitativen Trainings jedoch fehlen genauere und eindeutige Angaben zu Beginn und Umfang des Trainings.

Aufgrund der höheren Luxationsraten nach konservativer Therapie im Vergleich zur operativen Versorgung darf die Frage gestellt werden, ob die aktuell durchgeführte konservative Therapie nach Patellaluxation suffizient ist oder ein noch restriktiveres Vorgehen gewählt werden sollte. Zwar ist die konservative Therapie - wie diese Untersuchung verdeutlicht - weitaus prolongierter als die nach definitiver operativer Therapie, allerdings besteht gerade beim vergleichsweise jungen und sportlich aktiven Patientenkollektiv die Gefahr der verfrühten Rückkehr zu Trainingsaktivität und damit verbunden die Gefahr einer höheren Reluxationsrate.

## 5.5. Nachbehandlung nach endoprothetischen Eingriffen am Kniegelenk

In Deutschland liegt im Jahr 2011 nach Wengler et al. (2014) [132] die Fallzahl von Knie-Endoprothesen bei knapp 170.000. Das entspricht einer Inzidenz von 206 Fällen pro 100.000 Einwohner. Dieser häufig durchgeführte Eingriff sollte daher auch suffizient nachbehandelt werden. Die Frage nach der optimalen Art und Weise der Nachbehandlung eines solchen Eingriffs ist mit der aktuellen Literatur allerdings nicht befriedigend zu beantworten. Pozzi et al. (2013) [94] zeigen in ihrer Übersichtsarbeit ebenso, dass ein etablierter Standard in der Nachbehandlung nach TKA fehlt. Die hier präsentierten Ergebnisse legen außerdem dar, dass die TKA genauso nachbehandelt wird wie die UKA. Es kann lediglich eine Tendenz zum früheren Einsatz von Reha- bzw. Sportartspezifischem Training nach TKA-Implantation festgestellt werden.

Gemäß der zuletzt 2009 überarbeiteten AWMF-Leitlinie zu Endoprothetik bei Gonarthrose [32] wird zum Thema der postoperativen Belastung eine individuelle Belastung empfohlen. Diese vage Empfehlung ist u. a. der Tatsache geschuldet, dass rund 70 % der Patienten zum Zeitpunkt des operativen Eingriffs über 65 Jahre alt sind und daher besonders auf die individuelle Belastbarkeit prä- und postoperativ geachtet werden muss. Diese Tatsache erklärt möglicherweise auch die homogene Verteilung der Empfehlungen zur Belastung von Teil- bis Vollbelastung in den ersten zwei Wochen postoperativ (vgl. Abbildung 4.31).

Prinzipiell ist bei der Nachbehandlung nach endoprothetischen Eingriffen des Kniegelenkes leitliniengerecht eine Frühmobilisation zu empfehlen, was angesichts des schnellen Übergangs zur Vollbelastung, den der Großteil der Institutionen anstrebt, tatsächlich umgesetzt wird. Guerra et al. (2015) [38] zeigen anhand von 5 untersuchten RCTs, dass durch eine Frühmobilisation ein um durchschnittlich 1,8 Tage kürzerer stationärer Aufenthalt erreicht werden kann. Darin enthalten sind 3 Studien mit Patienten nach UKA und zwei Studien mit Patienten nach TKA. Diese Frühmobilisation kann innerhalb von 24 Stunden postoperativ erreicht werden. Die Teilnehmer der Versuchsgruppe bei 4 von 5 RCTs konnten innerhalb von 48 Stunden nach Operation voll mobilisiert werden. Diese Probanden profitieren nach Labraca et al. (2011, TKA) [68] und Reilly et al. (2005, UKA) [97] durch die intensivierten Rehabilitationsprotokolle von einer Verbesserung des Bewegungsausmaßes, der Muskelkraft und der gesundheitsbezogenen Lebensqualität. Die Versuchsgruppen weisen im Vergleich



## 5. Diskussion

keine schlechteren Outcomes auf. Masaracchio et al. (2017) [83] zeigen nach einer Untersuchung von 17 Studien, dass bei einer sehr früh beginnenden Rehabilitation ein verkürzter Krankenhausaufenthalt erreicht werden kann. Hier gibt es keine Evidenz für gegenteilige Effekte durch die Frühmobilisation. Auch Quack et al. (2015) [95] stellen bei einer „fast-track“-Rehabilitation einen kürzeren stationären Aufenthalt fest. Renkawitz et al. (2010) [98] vergleichen in einer RCT ein Standard-Rehabilitationsprogramm mit einem intensivierten, noch am Tag der Operation beginnenden Rehabilitationsprogramm. Es konnte jedoch keine signifikante Verringerung des stationären Aufenthaltes festgestellt werden. Lenssen et al. (2006) [70] stellen der Kontrollgruppe Patienten gegenüber, welche das standardisierte Physiotherapie-Programm zweimal pro Tag absolvieren. Am Tag der Entlassung kann zwischen den Gruppen kein signifikanter Unterschied im Bewegungsausmaß festgestellt werden.

Es scheint nicht die Intensität des Physiotherapie-Programms eine Wirkung auf die Dauer des Krankenhausaufenthaltes zu haben, sondern vielmehr der Zeitpunkt, an dem mit der Physiotherapie begonnen wird. Guerra et al. (2015) [38] ziehen das Fazit, dass die Frühmobilisation innerhalb von 24 Stunden postoperativ begonnen und eine Physiotherapie-Sitzung pro Tag als Standard durchgeführt werden soll.

Während der Nachbehandlung nach endoprothetischen Eingriffen des Kniegelenkes ist neben der Frühmobilisation auf die Vermeidung eines Streckdefizits zu achten. Dazu wird häufig eine aktive oder passive Bewegungsschientherapie angewendet. Die Ergebnisse zeigen, dass das Bewegungsausmaß nach endoprothetischen Eingriffen des Kniegelenkes nicht eingeschränkt wird. Darüber herrscht breiter Konsens. Das verdeutlicht die Empfehlung, dass das operierte Kniegelenk möglichst zeitnah einer umfassenden und intensiven Bewegungstherapie zur Vermeidung eines Streck- und Beugedefizits unterzogen werden sollte. Die Häufigkeit und Dauer der Anwendung einer Bewegungsschientherapie ist nach den Ergebnissen zwischen TKA und UKA nicht unterschiedlich. Zum positiven Einfluss von CPM nach endoprothetischen Eingriffen des Kniegelenkes ist allerdings keine klare Evidenz vorhanden. Beaupré et al. (2001) [10] untersuchen, welche Mobilisation nach TKA nach einem Follow-up von 6 Monaten die größte Beweglichkeit des Kniegelenkes ermöglicht. Verglichen wird eine Kontrollgruppe mit standardisiertem Rehabilitationsprogramm mit einer Gruppe, welche zusätzlich zum Rehabilitationsprogramm CPM anwendet. Nach 6 Monaten können keine signifikanten Unterschiede im Bewegungsausmaß und damit auch kein langfristiger Benefit von CPM festgestellt werden. Herbold et al. (2014) [47] lassen den Patienten nach TKA-Operation neben der konventionellen 3-stündigen Physio-

## 5. Diskussion

therapie pro Tag zusätzlich zwei Stunden während des Krankenhausaufenthaltes mit einer CPM-Schiene trainieren. Das aktive Bewegungsausmaß ist in beiden Gruppen zwar im postoperativen Verlauf erhöht, im Vergleich zur Kontrollgruppe jedoch mit zusätzlicher CPM-Therapie zum Zeitpunkt der Entlassung nicht signifikant höher. Renkawitz et al. (2010) [98] können zwar einen sehr kurzfristigen positiven Effekt intensiver Physiotherapie und zusätzlicher CPM auf das Bewegungsausmaß nach TKA-Operation aufzeigen, welches sich allerdings schon am 8. postoperativen Tag nicht mehr vom Bewegungsausmaß der Kontrollgruppe unterscheidet. CAM/CPM wird nach endoprothetischen Eingriffen des Kniegelenkes sehr häufig eingesetzt, um ein mögliches Bewegungsdefizit nach TKA- oder UKA-Implantation zu vermeiden. Allerdings besteht gerade im Hinblick auf das langfristige Outcome keine Evidenz hinsichtlich des Nutzens dieser Therapie.

Pozzi et al. (2013) [94] empfehlen für eine optimale ambulante physikalische Therapie Kräftigungsübungen und intensives funktionelles Training, entweder bodenbasiert oder Aquatherapie. Die in der Arbeit untersuchten Studien führen zwar alle eine Kontrollgruppe mit standardisiertem Rehabilitationsprogramm, jedoch fehlen häufig genauere Angaben zu den Protokollen.

Insgesamt zeigt sich ein Konsens hinsichtlich der Module Belastung, Bewegungsausmaß, Bewegungsschientherapie und des frühen Zeitpunktes der funktionellen Rehabilitation. Ein Unterschied in der Nachbehandlung zwischen TKA und UKA kann nicht festgestellt werden. Detaillierte, evidenz-basierte, standardisierte Rehabilitationsprogramme nach endoprothetischen Eingriffen des Kniegelenkes sind trotz häufiger Anwendung des operativen Verfahrens in der aktuellen Literatur kaum zu finden.

## 6. Limitierungen der Untersuchung

Die vorliegende Untersuchung hat Limitationen, die bei der Interpretation der Ergebnisse berücksichtigt werden sollten. Trotz des retrospektiven Studiendesigns ist dies eine Untersuchung von derzeit im klinischen Alltag angewendeten Nachbehandlungsrichtlinien, welche allerdings Faktoren wie das klinische Outcome, epidemiologische Daten des operierten Patientenkollektivs oder die Compliance der Patienten nicht beinhaltet. Des Weiteren sind auch technische Details wie Art oder Schwere der zugrunde liegenden Verletzung oder Läsion sowie detailliertere therapeutische Empfehlungen in den Nachbehandlungsrichtlinien nicht aufgeführt.

Weiterhin umfassen die Protokolle lediglich einen Zeitraum von 3 bis maximal 6 Monaten, während hingegen die volle Rehabilitation und die Rückkehr zu sportlicher Aktivität nach einigen Operationen einen längeren Zeitraum beanspruchen, sodass dieser Teil der Rehabilitation nicht vollständig miterfasst werden kann.

## 7. Fazit

Trotz Limitierungen der Studie zeigt diese Untersuchung detaillierte Informationen über derzeit standardisierte Nachbehandlungskonzepte für eine Vielzahl an operativen Therapien des Kniegelenkes. Neben den Richtlinien von nationalen Verbänden oder Empfehlungen der aktuellen wissenschaftlichen Literatur scheinen unfallchirurgisch-orthopädische Operateure sich eigener Verfahren zu bedienen, sich nach dem individuellen Verletzungsbild zu richten und auf Erfahrungswerte zurückzugreifen, wenn es um die Nachbehandlung geht. Dies kann sicherlich als Zeichen einer positiven Entwicklung gesehen werden.

Vor diesem Hintergrund ist die Heterogenität der Untersuchungsergebnisse zu deuten, denn die Nachbehandlung muss sich an dem Patienten selbst und an der Art und der Schwere der Verletzung inklusive möglicher Begleitverletzungen orientieren. Ein standardisiertes Vorgehen ist daher nicht immer möglich.

Die Ergebnisse zeigen, dass sich für manche operative Versorgungstechniken wie das Einsetzen einer Totalendoprothese bereits ein standardisiertes Vorgehen in der Rehabilitation entwickelt hat, welches aufgrund von aktuellen Studien als evidenzbasiert angesehen werden kann.

Ein weiterer Punkt, der durch diese Studie aufgezeigt werden kann, ist, dass die Nachbehandlung nicht nur die Primärverletzung berücksichtigt, sondern sich auch an die Begleitverletzungen adaptiert, z. B. durch verlängerte Rehabilitationsphasen oder einen restriktiveren Umgang mit postoperativer Belastung und dem Bewegungsausmaß. Dies verdeutlichen v. a. die Ergebnisse zur VKB-Plastik.

In vielen kniechirurgischen Bereichen kann man feststellen, dass es nach derselben operativen Versorgung unterschiedliche Ansätze in der Nachbehandlung gibt, die gleichzeitig verfolgt werden. Beispiele dafür sind die Steigerung der Gewichtsbelastung und des Bewegungsausmaßes nach operativer Versorgung einer VKB-Ruptur oder nach MPFL-Plastik. Die Ergebnisse sollen daher auch als Grundlage für zukünftige vergleichende randomisierte Studien dienen, die diese unterschiedlichen Ansätze

## 7. Fazit

anhand des klinischen Outcomes vergleichen und so zu einer Optimierung der Nachbehandlung nach operativer Versorgung des Kniegelenkes führen können.

## A. Literatur

- [1] Agneskirchner, J. D., Freiling, D., Hurschler, C. und Lobenhoffer, P. „Primary stability of four different implants for opening wedge high tibial osteotomy“. In: *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy: official journal of the ESSKA* 14.3 (2006), S. 291–300.
- [2] AQUA - Institut für angewandte Qualitätsförderung und Forschung im Gesundheitswesen GmbH, Hrsg. *Arthroskopie am Kniegelenk. Vorbericht*. Auftraggeber: Gemeinsamer Bundesausschuss. 24. März 2014.
- [3] Ardern, C., Forssblad, M., Magnusson, H. und Kvist, J. „ACL and return to sport. FP01-1950 Self-reported function in sport, and knee-related quality of life are superior at 1, 2 and 5 years among those who chose ACL reconstruction compared to non-surgical treatment: Swedish National ACL Registry study“. In: *Knee Surgery Sports Traumatology Arthroscopy* 24 (Suppl. 1) (2016), S. 5–6.
- [4] Asik, M., Sen, C., Kilic, B., Goksan, S. B., Ciftci, F. und Taser, O. F. „High tibial osteotomy with Puddu plate for the treatment of varus gonarthrosis“. In: *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy: official journal of the ESSKA* 14.10 (2006), S. 948–954.
- [5] Atkin, D. M., Fithian, D. C., Marangi, K. S., Stone, M. L., Dobson, B. E. und Mendelsohn, C. „Characteristics of patients with primary acute lateral patellar dislocation and their recovery within the first 6 months of injury“. In: *The American Journal of Sports Medicine* 28.4 (2000), S. 472–479.
- [6] Badhe, N. P. und Forster, I. W. „High tibial osteotomy in knee instability: the rationale of treatment and early results“. In: *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy: official journal of the ESSKA* 10.1 (2002), S. 38–43.
- [7] Badlani, J. T., Borrero, C., Golla, S., Harner, C. D. und Irrgang, J. J. „The effects of meniscus injury on the development of knee osteoarthritis: data from

- the osteoarthritis initiative“. In: *The American Journal of Sports Medicine* 41.6 (2013), S. 1238–1244.
- [8] Baker, B. E., Peckham, A. C., Pupparo, F. und Sanborn, J. C. „Review of meniscal injury and associated sports“. In: *The American Journal of Sports Medicine* 13.1 (1985), S. 1–4.
- [9] Barber, F. A., Schroeder, F. A., Oro, F. B. und Beavis, R. C. „FasT-Fix meniscal repair: mid-term results“. In: *Arthroscopy: the journal of arthroscopic & related surgery: official publication of the Arthroscopy Association of North America and the International Arthroscopy Association* 24.12 (2008), S. 1342–1348.
- [10] Beaupre, L. A., Davies, D. M., Jones, C. A. und Cinats, J. G. „Exercise combined with continuous passive motion or slider board therapy compared with exercise only: a randomized controlled trial of patients following total knee arthroplasty“. In: *Physical therapy* 81.4 (2001), S. 1029–1037.
- [11] Becker, R., Buchner, M., Förster, J., Frosch, K.-H., Losch, A., Niemeyer, P., Scheffler, S. und Siebert, C. H. *S2k - Leitlinie Meniskuserkrankung der Deutschen Gesellschaft für Orthopädie und Unfallchirurgie (DGOU)*. Leitlinienkommission der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie e.V., 2015.
- [12] Beynon, B. D., Johnson, R. J., Abate, J. A., Fleming, B. C. und Nichols, C. E. „Treatment of anterior cruciate ligament injuries, part 2“. In: *The American Journal of Sports Medicine* 33.11 (2005), S. 1751–1767.
- [13] Braun, S., Steadman, J. R., Rodkey, W. G. und Briggs, K. K. „Microfracture and specific rehabilitation for treating osteoarthritis of the knee. Indications, surgical technique, and rehabilitation protocol“. In: *Zeitschrift für Rheumatologie* 68.10 (2009), S. 811–818.
- [14] Brinkman, J.-M., Luites, J. W. H., Wymenga, A. B. und van Heerwaarden, R. J. „Early full weight bearing is safe in open-wedge high tibial osteotomy“. In: *Acta orthopaedica* 81.2 (2010), S. 193–198.
- [15] Campbell, A. B., Pineda, M., Harris, J. D. und Flanigan, D. C. „Return to Sport After Articular Cartilage Repair in Athletes’ Knees: A Systematic Review“. In: *Arthroscopy: the journal of arthroscopic & related surgery: official publication of the Arthroscopy Association of North America and the International Arthroscopy Association* 32.4 (2016), 651–668.e1.

## A. Literatur

- [16] Campbell, S. E., Sanders, T. G. und Morrison, W. B. „MR imaging of meniscal cysts: incidence, location, and clinical significance“. In: *AJR. American journal of roentgenology* 177.2 (2001), S. 409–413.
- [17] Cheng, B., Wu, X., Ge, H., Qing Sun, Y. und Zhang, Q. „Operative versus conservative treatment for patellar dislocation: a meta-analysis of 7 randomized controlled trials“. In: *Diagnostic pathology* 9 (2014), S. 60.
- [18] Cofield, R. H. und Bryan, R. S. „Acute dislocation of the patella: results of conservative treatment“. In: *The Journal of trauma* 17.7 (1977), S. 526–531.
- [19] Cole, B. J., Dennis, M. G., Lee, S. J., Nho, S. J., Kalsi, R. S., Hayden, J. K. und Verma, N. N. „Prospective evaluation of allograft meniscus transplantation: a minimum 2-year follow-up“. In: *The American Journal of Sports Medicine* 34.6 (2006), S. 919–927.
- [20] Cotic, M., Vogt, S., Hinterwimmer, S., Feucht, M. J., Slotta-Huspenina, J., Schuster, T. und Imhoff, A. B. „A matched-pair comparison of two different locking plates for valgus-producing medial open-wedge high tibial osteotomy: peek-carbon composite plate versus titanium plate“. In: *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy: official journal of the ESSKA* 23.7 (2015), S. 2032–2040.
- [21] Dabke, H. V., Gupta, S. K., Holt, C. A., O’Callaghan, P. und Dent, C. M. „How Accurate Is Partial Weightbearing?“ In: *Clinical Orthopaedics and Related Research* 421 (2004), S. 282–286.
- [22] de Paula Leite Cury, Ricardo, Kiyomoto, H. D., Rosal, G. F., Bryk, F. F., Oliveira, V. M. de und de Camargo, Osmar Pedro Arbix. „REHABILITATION PROTOCOL AFTER ISOLATED POSTERIOR CRUCIATE LIGAMENT RECONSTRUCTION“. In: *Revista Brasileira de Ortopedia (English Edition)* 47.4 (2012), S. 421–427.
- [23] Duthon, V. B. „Acute traumatic patellar dislocation“. In: *Orthopaedics & traumatology, surgery & research: OTSR* 101.1 Suppl (2015), S. 59–67.
- [24] Ebert, J. R., Robertson, W. B., Lloyd, D. G., Zheng, M. H., Wood, D. J. und Ackland, T. „Traditional vs accelerated approaches to post-operative rehabilitation following matrix-induced autologous chondrocyte implantation (MACI): comparison of clinical, biomechanical and radiographic outcomes“. In: *Osteoarthritis and cartilage / OARS, Osteoarthritis Research Society* 16.10 (2008), S. 1131–1140.



## A. Literatur

- [25] Eggli, S., Wegmüller, H., Kosina, J., Huckell, C. und Jakob, R. P. „Long-term results of arthroscopic meniscal repair. An analysis of isolated tears“. In: *The American Journal of Sports Medicine* 23.6 (1995), S. 715–720.
- [26] Eichhorn, H. J. und Hoffmann, H. „Nachbehandlungsstrategien nach Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes“. In: *SFA Arthroskopie Aktuell* 21 (2008).
- [27] Englund, M. „Patient-relevant outcomes fourteen years after meniscectomy. Influence of type of meniscal tear and size of resection“. In: *Rheumatology* 40.6 (2001), S. 631–639.
- [28] Erggelet, C. „Stimulation Techniques: Microfracturing, Drilling“. In: *Techniques in Cartilage Repair Surgery*. Hrsg. von Shetty, A. A., Kim, S.-J., Nakamura, N. und Brittberg, M. Springer Berlin Heidelberg, 2014, S. 35–47.
- [29] Fazalare, J. A., Griesser, M. J., Siston, R. A. und Flanigan, D. C. „The use of continuous passive motion following knee cartilage defect surgery: a systematic review“. In: *Orthopedics* 33.12 (2010), S. 878.
- [30] Fisher, B., Nyland, J., Brand, E. und Curtin, B. „Medial patellofemoral ligament reconstruction for recurrent patellar dislocation: a systematic review including rehabilitation and return-to-sports efficacy“. In: *Arthroscopy: the journal of arthroscopic & related surgery: official publication of the Arthroscopy Association of North America and the International Arthroscopy Association* 26.10 (2010), S. 1384–1394.
- [31] Friemert, B., V Lübken, F., Schmidt, R., Jouini, C. und Gerngross, H. „Der Einfluss einer aktiven Bewegungsschiene auf die Propriozeption nach vorderer Kreuzbandplastik. Eine prospektiv randomisierte Studie“. In: *Der Unfallchirurg* 109.1 (2006), S. 22–29.
- [32] Frosch, K.-H. und Wittner, B. *Endoprothese bei Gonarthrose*. Leitlinienkommission der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie e.V., 2009.
- [33] Frosch, S., Balcarek, P., Walde, T. A., Schüttrumpf, J. P., Wachowski, M. M., Ferleman, K.-G., Stürmer, K. M. und Frosch, K.-H. „Die Therapie der Patellaluxation: eine systematische Literaturanalyse“. In: *Zeitschrift für Orthopädie und Unfallchirurgie* 149.6 (2011), S. 630–645.
- [34] Gallacher, P. D., Gilbert, R. E., Kanis, G., Roberts, S. N. J. und Rees, D. „White on white meniscal tears to fix or not to fix?“. In: *The Knee* 17.4 (2010), S. 270–273.
- [35] Gillogly, S. D., Myers, T. H. und Reinold, M. M. „Treatment of full-thickness chondral defects in the knee with autologous chondrocyte implantation“. In:

## A. Literatur

- The Journal of orthopaedic and sports physical therapy* 36.10 (2006), S. 751–764.
- [36] Giotis, D., Paschos, N. K., Zampeli, F., Pappas, E., Mitsionis, G. und Georgoulis, A. D. „Bracing can partially limit tibial rotation during stressful activities after anterior crucial ligament reconstruction with a hamstring graft“. In: *Orthopaedics & traumatology, surgery & research: OTSR* 102.5 (2016), S. 601–606.
- [37] Gougoulias, N., Khanna, A. und Maffulli, N. „Sports activities after lower limb osteotomy“. In: *British medical bulletin* 91 (2009), S. 111–121.
- [38] Guerra, M. L., Singh, P. J. und Taylor, N. F. „Early mobilization of patients who have had a hip or knee joint replacement reduces length of stay in hospital: a systematic review“. In: *Clinical rehabilitation* 29.9 (2015), S. 844–854.
- [39] Hambly, K., Bobic, V., Wondrasch, B., van Assche, D. und Marlovits, S. „Autologous chondrocyte implantation postoperative care and rehabilitation: science and practice“. In: *The American Journal of Sports Medicine* 34.6 (2006), S. 1020–1038.
- [40] Harston, A., Nyland, J., Brand, E., McGinnis, M. und Caborn, D. N. M. „Collagen meniscus implantation: a systematic review including rehabilitation and return to sports activity“. In: *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy: official journal of the ESSKA* 20.1 (2012), S. 135–146.
- [41] Harvey, W. F., Yang, M., Cooke, T. D. V., Segal, N. A., Lane, N., Lewis, C. E. und Felson, D. T. „Association of leg-length inequality with knee osteoarthritis: a cohort study“. In: *Annals of internal medicine* 152.5 (2010), S. 287–295.
- [42] Heckmann, T. P., Barber-Westin, S. D. und Noyes, F. R. „Meniscal repair and transplantation: indications, techniques, rehabilitation, and clinical outcome“. In: *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy* 36.10 (2006), S. 795–814.
- [43] Hede, A., Jensen, D. B., Blyme, P. und Sonne-Holm, S. „Epidemiology of meniscal lesions in the knee. 1,215 open operations in Copenhagen 1982-84“. In: *Acta orthopaedica Scandinavica* 61.5 (1990), S. 435–437.
- [44] Hede, A., Larsen, E. und Sandberg, H. „The long term outcome of open total and partial meniscectomy related to the quantity and site of the meniscus removed“. In: *International orthopaedics* 16.2 (1992), S. 122–125.

## A. Literatur

- [45] Heir, S., Nerhus, T. K., Rotterud, J. H., Loken, S., Ekeland, A., Engebretsen, L. und Aroen, A. „Focal cartilage defects in the knee impair quality of life as much as severe osteoarthritis: a comparison of knee injury and osteoarthritis outcome score in 4 patient categories scheduled for knee surgery“. In: *The American Journal of Sports Medicine* 38.2 (2010), S. 231–237.
- [46] Heller, M. O., Matziolis, G., Konig, C., Taylor, W. R., Hinterwimmer, S., Graichen, H., Hege, H.-C., Bergmann, G., Perka, C. und Duda, G. N. „Musculoskeletal biomechanics of the knee joint. Principles of preoperative planning for osteotomy and joint replacement“. In: *Der Orthopäde* 36.7 (2007), S. 628–634.
- [47] Herbold, J. A., Bonistall, K., Blackburn, M., Agolli, J., Gaston, S., Gross, C., Kuta, A. und Babyar, S. „Randomized controlled trial of the effectiveness of continuous passive motion after total knee replacement“. In: *Archives of physical medicine and rehabilitation* 95.7 (2014), S. 1240–1245.
- [48] Herbort, M. und Lobenhoffer, P. *Vordere Kreuzbandruptur. DGU-S1-Leitlinie AWMF*. Leitlinienkommission der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie e.V., 2018.
- [49] Herbst, E., Hoser, C., Hildebrandt, C., Raschner, C., Hepperger, C., Pointner, H. und Fink, C. „Functional assessments for decision-making regarding return to sports following ACL reconstruction. Part II: clinical application of a new test battery“. In: *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy: official journal of the ESSKA* 23.5 (2015), S. 1283–1291.
- [50] Hinterwimmer, S., Krammer, M., Krotz, M., Glaser, C., Baumgart, R., Reiser, M. und Eckstein, F. „Cartilage atrophy in the knees of patients after seven weeks of partial load bearing“. In: *Arthritis and rheumatism* 50.8 (2004), S. 2516–2520.
- [51] Hinton, R. Y. und Sharma, K. M. „Acute and recurrent patellar instability in the young athlete“. In: *The Orthopedic clinics of North America* 34.3 (2003), S. 385–396.
- [52] Hirschmüller, A., Baur, H., Braun, S., Kreuz, P. C., Südkamp, N. P. und Niemeyer, P. „Rehabilitation after autologous chondrocyte implantation for isolated cartilage defects of the knee“. In: *The American Journal of Sports Medicine* 39.12 (2011), S. 2686–2696.

## A. Literatur

- [53] Hjelle, K., Solheim, E., Strand, T., Muri, R. und Brittberg, M. „Articular cartilage defects in 1,000 knee arthroscopies“. In: *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery* 18.7 (2002), S. 730–734.
- [54] Howard, J. S., Mattacola, C. G., Romine, S. E. und Lattermann, C. „Continuous Passive Motion, Early Weight Bearing, and Active Motion following Knee Articular Cartilage Repair: Evidence for Clinical Practice“. In: *Cartilage* 1.4 (2010), S. 276–286.
- [55] Irrgang, J. J. und Harner, C. D. „Loss of motion following knee ligament reconstruction“. In: *Sports medicine (Auckland, N.Z.)* 19.2 (1995), S. 150–159.
- [56] Jagodzinski, M., Niemeyer, P., Zeichen, J. und Balcarek P. *S1-Leitlinie 012/024: Patellaluxation*. Hrsg. von Leitlinienkommission der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie e.V. 2014.
- [57] Jorgensen, U., Jensen, C. M. und Scavenius, M. *Rehabilitation with or without initial weightbearing: a prospective randomized study*. Stockholm, Schweden, 6. Juni 1995.
- [58] Kalliakmanis, A., Zourntos, S., Bousgas, D. und Nikolaou, P. „Comparison of arthroscopic meniscal repair results using 3 different meniscal repair devices in anterior cruciate ligament reconstruction patients“. In: *Arthroscopy: the journal of arthroscopic & related surgery: official publication of the Arthroscopy Association of North America and the International Arthroscopy Association* 24.7 (2008), S. 810–816.
- [59] Keays, S. L., Bullock-Saxton, J. und Keays, A. C. „Strength and function before and after anterior cruciate ligament reconstruction“. In: *Clinical Orthopaedics and Related Research* 373 (2000), S. 174–183.
- [60] Kim, J. G., Lee, Y. S., Yang, B. S., Oh, S. J. und Yang, S. J. „Rehabilitation after posterior cruciate ligament reconstruction. A review of the literature and theoretical support“. In: *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery* 133.12 (2013), S. 1687–1695.
- [61] Kim, S.-G., Nagao, M., Kamata, K., Maeda, K. und Nozawa, M. „Return to sport after arthroscopic meniscectomy on stable knees“. In: *BMC sports science, medicine and rehabilitation* 5.1 (2013), S. 23.
- [62] Komistek, R. D., Kane, T. R., Mahfouz, M., Ochoa, J. A. und Dennis, D. A. „Knee mechanics: a review of past and present techniques to determine in vivo loads“. In: *Journal of biomechanics* 38.2 (2005), S. 215–228.

## A. Literatur

- [63] Kon, E., Filardo, G., Berruto, M., Benazzo, F., Zanon, G., Della Villa, S. und Marcacci, M. „Articular cartilage treatment in high-level male soccer players: a prospective comparative study of arthroscopic second-generation autologous chondrocyte implantation versus microfracture“. In: *The American Journal of Sports Medicine* 39.12 (2011), S. 2549–2557.
- [64] Krause, W. R., Pope, M. H., Johnson, R. J. und Wilder, D. G. „Mechanical changes in the knee after meniscectomy“. In: *The Journal of bone and joint surgery. American volume* 58.5 (1976), S. 599–604.
- [65] Kruse, L. M., Gray, B. und Wright, R. W. „Rehabilitation After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction“. In: *The Journal of Bone and Joint Surgery (American)* 94.19 (2012), S. 1737.
- [66] Krzepota, J., Biernat, E. und Florkiewicz, B. „The Relationship between Levels of Physical Activity and Quality of Life among Students of the University of the Third Age“. In: *Central European journal of public health* 23.4 (2015), S. 335–339.
- [67] Kubiak, G. und Fabis, J. „Clinical results of meniscus repair“. In: *Ortopedia, traumatologia, rehabilitacja* 12.1 (2010), S. 28–40.
- [68] Labraca, N. S., Castro-Sanchez, A. M., Mataran-Penarrocha, G. A., Arroyo-Morales, M., Sanchez-Joya, M. D. M. und Moreno-Lorenzo, C. „Benefits of starting rehabilitation within 24 hours of primary total knee arthroplasty: randomized clinical trial“. In: *Clinical rehabilitation* 25.6 (2011), S. 557–566.
- [69] Lee, G. P. und Diduch, D. R. „Deteriorating outcomes after meniscal repair using the Meniscus Arrow in knees undergoing concurrent anterior cruciate ligament reconstruction: increased failure rate with long-term follow-up“. In: *The American Journal of Sports Medicine* 33.8 (2005), S. 1138–1141.
- [70] Lenssen, A. F., Crijns, Y. H. F., Waltjé, E. M. H., van Steyn, Mike J A, Geesink, R. J. T., van den Brandt, Piet A und Bie, R. A. de. „Efficiency of immediate postoperative inpatient physical therapy following total knee arthroplasty: an RCT“. In: *BMC musculoskeletal disorders* 7 (2006), S. 71.
- [71] Li, B., Shen, P., Wang, J.-S., Wang, G.-B., He, M. und Bai, L.-H. „Therapeutic effects of tibial support braces on posterior stability after posterior cruciate ligament reconstruction with autogenous hamstring tendon graft“. In: *European journal of physical and rehabilitation medicine* 51.2 (2015), S. 163–170.

## A. Literatur

- [72] Lin, D. L., Ruh, S. S., Jones, H. L., Karim, A., Noble, P. C. und McCulloch, P. C. „Does high knee flexion cause separation of meniscal repairs?“ In: *The American Journal of Sports Medicine* 41.9 (2013), S. 2143–2150.
- [73] Lind, M., Nielsen, T., Fauno, P., Lund, B. und Christiansen, S. E. „Free rehabilitation is safe after isolated meniscus repair: a prospective randomized trial comparing free with restricted rehabilitation regimens“. In: *The American Journal of Sports Medicine* 41.12 (2013), S. 2753–2758.
- [74] Lobenhoffer, P. *Vordere Kreuzbandruptur. S1-Leitlinie 012/005*. Leitlinienkommission der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie e.V., 2014.
- [75] Mäenpää, H. und Lehto, M. U. „Patellar dislocation. The long-term results of nonoperative management in 100 patients“. In: *The American Journal of Sports Medicine* 25.2 (1997), S. 213–217.
- [76] Majewski, M., Stoll, R., Widmer, H., Müller, W. und Friederich, N. F. „Mid-term and long-term results after arthroscopic suture repair of isolated, longitudinal, vertical meniscal tears in stable knees“. In: *The American Journal of Sports Medicine* 34.7 (2006), S. 1072–1076.
- [77] Makhni, E. C., Crump, E. K., Steinhaus, M. E., Verma, N. N., Ahmad, C. S., Cole, B. J. und Bach, B. R. „Quality and Variability of Online Available Physical Therapy Protocols From Academic Orthopaedic Surgery Programs for Anterior Cruciate Ligament Reconstruction“. In: *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery* (2016).
- [78] Malviya, A., Richards, J., Jones, R. K., Udawadia, A. und Doyle, J. „Reproducibility of partial weight bearing“. In: *Injury* 36.4 (2005), S. 556–559.
- [79] Mariani, P. P., Santori, N., Adriani, E. und Mastantuono, M. „Accelerated rehabilitation after arthroscopic meniscal repair: a clinical and magnetic resonance imaging evaluation“. In: *Arthroscopy: the journal of arthroscopic & related surgery: official publication of the Arthroscopy Association of North America and the International Arthroscopy Association* 12.6 (1996), S. 680–686.
- [80] Markolf, K. L., O’Neill, G., Jackson, S. R. und McAllister, D. R. „Effects of applied quadriceps and hamstrings muscle loads on forces in the anterior and posterior cruciate ligaments“. In: *The American Journal of Sports Medicine* 32.5 (2004), S. 1144–1149.

## A. Literatur

- [81] Martin, J. A. und Buckwalter, J. A. „Post-traumatic osteoarthritis: the role of stress induced chondrocyte damage“. In: *Biorheology* 43.3-4 (2006), S. 517–521.
- [82] Martin, J. A., Brown, T., Heiner, A. und Buckwalter, J. A. „Post-traumatic osteoarthritis: the role of accelerated chondrocyte senescence“. In: *Biorheology* 41.3-4 (2004), S. 479–491.
- [83] Masaracchio, M., Hanney, W. J., Liu, X., Kolber, M. und Kirker, K. „Timing of rehabilitation on length of stay and cost in patients with hip or knee joint arthroplasty: A systematic review with meta-analysis“. In: *PloS one* 12.6 (2017), e0178295.
- [84] McGinty, G., Irrgang, J. J. und Pezzullo, D. „Biomechanical considerations for rehabilitation of the knee“. In: *Clinical Biomechanics* 15.3 (2000), S. 160–166.
- [85] Ménétrey, J., Putman, S. und Gard, S. „Return to sport after patellar dislocation or following surgery for patellofemoral instability“. In: *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy: official journal of the ESSKA* 22.10 (2014), S. 2320–2326.
- [86] Mithoefer, K., Hambly, K., Della Villa, S., Silvers, H. und Mandelbaum, B. R. „Return to sports participation after articular cartilage repair in the knee: scientific evidence“. In: *The American Journal of Sports Medicine* 37 Suppl 1 (2009), 167S–176S.
- [87] Mithoefer, K., Williams, R. J. 3., Warren, R. F., Potter, H. G., Spock, C. R., Jones, E. C., Wickiewicz, T. L. und Marx, R. G. „The microfracture technique for the treatment of articular cartilage lesions in the knee. A prospective cohort study“. In: *The Journal of bone and joint surgery. American volume* 87.9 (2005), S. 1911–1920.
- [88] Niemeyer, P., Feucht, M. J., Fritz, J., Albrecht, D., Spahn, G. und Angele, P. „Cartilage repair surgery for full-thickness defects of the knee in Germany: indications and epidemiological data from the German Cartilage Registry (KnorpelRegister DGOU)“. In: *Archives of orthopaedic and trauma surgery* (2016).
- [89] Noyes, F. R., Heckmann, T. P. und Barber-Westin, S. D. „Meniscus repair and transplantation: a comprehensive update“. In: *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy* 42.3 (2012), S. 274–290.

- [90] Noyes, F. R., Mayfield, W., Barber-Westin, S. D., Albright, J. C. und Heckmann, T. P. „Opening wedge high tibial osteotomy: an operative technique and rehabilitation program to decrease complications and promote early union and function“. In: *The American Journal of Sports Medicine* 34.8 (2006), S. 1262–1273.
- [91] O’Donnell, K., Freedman, K. B. und Tjousmakaris, F. P. „Rehabilitation Protocols After Isolated Meniscal Repair: A Systematic Review“. In: *The American Journal of Sports Medicine* 45.7 (2017), S. 1687–1697.
- [92] Øiestad, B. E., Juhl, C. B., Eitzen, I. und Thorlund, J. B. „Knee extensor muscle weakness is a risk factor for development of knee osteoarthritis. A systematic review and meta-analysis“. In: *Osteoarthritis and cartilage* 23.2 (2015), S. 171–177.
- [93] Pestka, J. M., Feucht, M. J., Porichis, S., Bode, G., Südkamp, N. P. und Niemeyer, P. „Return to Sports Activity and Work After Autologous Chondrocyte Implantation of the Knee: Which Factors Influence Outcomes?“ In: *The American Journal of Sports Medicine* 44.2 (2016), S. 370–377.
- [94] Pozzi, F., Snyder-Mackler, L. und Zeni, J. „Physical exercise after knee arthroplasty: a systematic review of controlled trials“. In: *European journal of physical and rehabilitation medicine* 49.6 (2013), S. 877–892.
- [95] Quack, V., Ippendorf, A. V., Betsch, M., Schenker, H., Nebelung, S., Rath, B., Tingart, M. und Lüring, C. „Multidisziplinäre Rehabilitation und multimodale Fast-Track-Rehabilitation in der Knieendoprothetik: Schneller, besser, günstiger? Eine Umfrage und systematische Literaturrecherche“. In: *Die Rehabilitation* 54.4 (2015), S. 245–251.
- [96] Quelard, B., Sonnery-Cottet, B., Zayni, R., Badet, R., Fournier, Y., Hager, J.-P. und Chambat, P. „Isolated posterior cruciate ligament reconstruction. Is non-aggressive rehabilitation the right protocol?“ In: *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research* 96.3 (2010), S. 256–262.
- [97] Reilly, K. A., Beard, D. J., Barker, K. L., Dodd, C. A. F., Price, A. J. und Murray, D. W. „Efficacy of an accelerated recovery protocol for Oxford unicompartmental knee arthroplasty—a randomised controlled trial“. In: *The Knee* 12.5 (2005), S. 351–357.
- [98] Renkawitz, T., Rieder, T., Handel, M., Koller, M., Drescher, J., Bonnlaender, G. und Grifka, J. „Comparison of two accelerated clinical pathways—after total



- knee replacement how fast can we really go?“ In: *Clinical rehabilitation* 24.3 (2010), S. 230–239.
- [99] Richardson, J. B. „Classical ACI for Chondral and Osteochondral Defects“. In: *Techniques in Cartilage Repair Surgery*. Hrsg. von Shetty, A. A., Kim, S.-J., Nakamura, N. und Brittberg, M. Springer Berlin Heidelberg, 2014, S. 165–174.
- [100] Riegger-Krugh, C. L., McCarty, E. C., Robinson, M. S. und Wegzyn, D. A. „Autologous chondrocyte implantation: current surgery and rehabilitation“. In: *Medicine and science in sports and exercise* 40.2 (2008), S. 206–214.
- [101] Rodriguez-Merchan, E. C. „Knee Bracing After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction“. In: *Orthopedics* (2016), S. 1–8.
- [102] Rogan, S., Taeymans, J., Hirschmuller, A., Niemeyer, P. und Baur, H. „Effect of continuous passive motion for cartilage regenerative surgery - a systematic literature review“. In: *Zeitschrift für Orthopädie und Unfallchirurgie* 151.5 (2013), S. 468–474.
- [103] Rohen, J. W. *Funktionelle Anatomie des Menschen. Ein kurzgefaßtes Lehrbuch der makroskopischen Anatomie nach funktionellen Gesichtspunkten*. 4., neu bearb. und verb. Aufl. Stuttgart: Schattauer, 1984.
- [104] Rosso, F., Bisicchia, S., Bonasia, D. E. und Amendola, A. „Meniscal allograft transplantation: a systematic review“. In: *The American Journal of Sports Medicine* 43.4 (2015), S. 998–1007.
- [105] Rosso, F., Bonasia, D. E., Cottino, U., Cambursano, S., Dettoni, F., Bruzzone, M. und Rossi, R. „ACL and return to sport. FP01-1812 Factors affecting results and return-to-play in anterior cruciate ligament reconstruction (ACL-R)“. In: *Knee Surgery Sports Traumatology Arthroscopy* 24 (Suppl. 1) (2016), S4–S5.
- [106] Salata, M. J., Gibbs, A. E. und Sekiya, J. K. „A systematic review of clinical outcomes in patients undergoing meniscectomy“. In: *The American Journal of Sports Medicine* 38.9 (2010), S. 1907–1916.
- [107] Salter, R. B., Simmonds, D. F., Malcolm, B. W., Rumble, E. J., MacMichael, D. und Clements, N. D. „The biological effect of continuous passive motion on the healing of full-thickness defects in articular cartilage. An experimental investigation in the rabbit“. In: *The Journal of bone and joint surgery. American volume* 62.8 (1980), S. 1232–1251.
- [108] Salzmann, G. M., Ahrens, P., Naal, F. D., El-Azab, H., Spang, J. T., Imhoff, A. B. und Lorenz, S. „Sporting activity after high tibial osteotomy for

- the treatment of medial compartment knee osteoarthritis“. In: *The American Journal of Sports Medicine* 37.2 (2009), S. 312–318.
- [109] Schröter, S., Ateschrang, A., Lowe, W., Nakayama, H., Stockle, U. und Ihle, C. „Early full weight-bearing versus 6-week partial weight-bearing after open wedge high tibial osteotomy leads to earlier improvement of the clinical results: a prospective, randomised evaluation“. In: *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy: official journal of the ESSKA* (2015).
- [110] Schünke, M., Schulte, E., Schumacher, U., Voll, M. und Wesker, K. *Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem. 182 Tabellen. 3., überarb. und erw. Aufl. Bd. LernAtlas der Anatomie / Michael Schünke; Erik Schulte; Udo Schumacher. Ill. von Markus Voll und Karl Wesker. Prometheus. Stuttgart: Thieme, 2011.*
- [111] Schüttler, K. F., Ziring, E., Ruchholtz, S. und Efe, T. „Verletzungen des hinteren Kreuzbands“. In: *Der Unfallchirurg* 120.1 (2017), S. 55–68.
- [112] Shaha, J. S., Cook, J. B., Rowles, D. J., Bottoni, C. R., Shaha, S. H. und Tokish, J. M. „Return to an athletic lifestyle after osteochondral allograft transplantation of the knee“. In: *The American Journal of Sports Medicine* 41.9 (2013), S. 2083–2089.
- [113] Sillanpää, P. J., Mäenpää, H. M., Mattila, V. M., Visuri, T. und Pihlajamäki, H. „Arthroscopic surgery for primary traumatic patellar dislocation: a prospective, nonrandomized study comparing patients treated with and without acute arthroscopic stabilization with a median 7-year follow-up“. In: *The American Journal of Sports Medicine* 36.12 (2008), S. 2301–2309.
- [114] Sillanpää, P. J., Mattila, V. M., Mäenpää, H., Kiuru, M., Visuri, T. und Pihlajamäki, H. „Treatment with and without initial stabilizing surgery for primary traumatic patellar dislocation. A prospective randomized study“. In: *The Journal of bone and joint surgery. American volume* 91.2 (2009), S. 263–273.
- [115] Sillanpää, P., Mattila, V. M., Iivonen, T., Visuri, T. und Pihlajamäki, H. „Incidence and risk factors of acute traumatic primary patellar dislocation“. In: *Medicine and science in sports and exercise* 40.4 (2008), S. 606–611.
- [116] Smith, T. O., Bowyer, D., Dixon, J., Stephenson, R., Chester, R. und Donell, S. T. „Can vastus medialis oblique be preferentially activated? A systematic review of electromyographic studies“. In: *Physiotherapy theory and practice* 25.2 (2009), S. 69–98.

## A. Literatur

- [117] Steadman, J. R., Rodkey, W. G. und Rodrigo, J. J. „Microfracture: surgical technique and rehabilitation to treat chondral defects“. In: *Clinical Orthopaedics and Related Research* 391 Suppl (2001), S 362–369.
- [118] Stefancin, J. J. und Parker, R. D. „First-time traumatic patellar dislocation: a systematic review“. In: *Clinical Orthopaedics and Related Research* 455 (2007), S. 93–101.
- [119] Suganuma, J., Mochizuki, R., Yamaguchi, K., Inoue, Y., Yamabe, E., Ueda, Y. und Fujinaka, T. „Cam impingement of the posterior femoral condyle in medial meniscal tears“. In: *Arthroscopy: the journal of arthroscopic & related surgery: official publication of the Arthroscopy Association of North America and the International Arthroscopy Association* 26.2 (2010), S. 173–183.
- [120] Takeuchi, R., Ishikawa, H., Aratake, M., Bito, H., Saito, I., Kumagai, K., Akamatsu, Y. und Saito, T. „Medial opening wedge high tibial osteotomy with early full weight bearing“. In: *Arthroscopy: the journal of arthroscopic & related surgery: official publication of the Arthroscopy Association of North America and the International Arthroscopy Association* 25.1 (2009), S. 46–53.
- [121] Tashiro, T., Kurosawa, H., Kawakami, A., Hikita, A. und Fukui, N. „Influence of Medial Hamstring Tendon Harvest on Knee Flexor Strength after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. A Detailed Evaluation with Comparison of Single- and Double-Tendon Harvest“. In: *The American Journal of Sports Medicine* 31.4 (2003), S. 522–529.
- [122] Taylor, W. R., Heller, M. O., Bergmann, G. und Duda, G. N. „Tibio-femoral loading during human gait and stair climbing“. In: *Journal of orthopaedic research: official publication of the Orthopaedic Research Society* 22.3 (2004), S. 625–632.
- [123] Tengrootenhuysen, M., Meermans, G., Pittoors, K., van Riet, R. und Victor, J. „Long-term outcome after meniscal repair“. In: *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy: official journal of the ESSKA* 19.2 (2011), S. 236–241.
- [124] Teske, W., Anastasiadis, A., Lichtinger, T., Schulze Pellengahr, C. von, Engelhardt, L. V. von und Theodoridis, T. „Rupture of the anterior cruciate ligament. Diagnostics and therapy“. In: *Der Orthopade* 39.9 (2010), S. 883–898.

## A. Literatur

- [125] Tyler, T. F., McHugh, M. P., Gleim, G. W. und Nicholas, S. J. „The effect of immediate weightbearing after anterior cruciate ligament reconstruction“. In: *Clinical Orthopaedics and Related Research* 357 (1998), S. 141–148.
- [126] Tyler, T. F. und Lung, J. Y. „Rehabilitation following osteochondral injury to the knee“. In: *Current reviews in musculoskeletal medicine* (2012).
- [127] van Gemert, J. P., Vree, L. M. de, Hessels, Roger A P A und Gaakeer, M. I. „Patellar dislocation: cylinder cast, splint or brace? An evidence-based review of the literature“. In: *International journal of emergency medicine* 5.1 (2012), S. 45.
- [128] van Grinsven, S., van Cingel, R E H, Holla, C. J. M. und van Loon, C J M. „Evidence-based rehabilitation following anterior cruciate ligament reconstruction“. In: *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy: official journal of the ESSKA* 18.8 (2010), S. 1128–1144.
- [129] van Melick, N., van Cingel, Robert E H, Brooijmans, F., Neeter, C., van Tienen, T., Hullegie, W. und Nijhuis-van der Sanden, Maria W G. „Evidence-based clinical practice update: practice guidelines for anterior cruciate ligament rehabilitation based on a systematic review and multidisciplinary consensus“. In: *British journal of sports medicine* 50.24 (2016), S. 1506–1515.
- [130] VanderHave, K. L., Perkins, C. und Le, M. „Weightbearing Versus Nonweight-bearing After Meniscus Repair“. In: *Sports health* 7.5 (2015), S. 399–402.
- [131] Walker, P. S. und Erkman, M. J. „The role of the menisci in force transmission across the knee“. In: *Clinical Orthopaedics and Related Research* 109 (1975), S. 184–192.
- [132] Wengler, A., Nimptsch, U. und Mansky, T. „Hip and knee replacement in Germany and the USA: analysis of individual inpatient data from German and US hospitals for the years 2005 to 2011“. In: *Deutsches Arzteblatt international* 111.23-24 (2014), S. 407–416.
- [133] Westermann, R. W., Wright, R. W., Spindler, K. P., Huston, L. J. und Wolf, B. R. „Meniscal repair with concurrent anterior cruciate ligament reconstruction: operative success and patient outcomes at 6-year follow-up“. In: *The American Journal of Sports Medicine* 42.9 (2014), S. 2184–2192.
- [134] Widuchowski, W., Widuchowski, J. und Trzaska, T. „Articular cartilage defects: study of 25,124 knee arthroscopies“. In: *The Knee* 14.3 (2007), S. 177–182.

## A. Literatur

- [135] Wright, R. W. und Fetzer, G. B. „Bracing after ACL reconstruction: a systematic review“. In: *Clinical Orthopaedics and Related Research* 455 (2007), S. 162–168.
- [136] Wright, R. W., Haas, A. K., Anderson, J., Calabrese, G., Cavanaugh, J., Hewett, T. E., Loring, D., McKenzie, C., Preston, E. und Williams, G. „Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Rehabilitation: MOON Guidelines“. In: *Sports health* 7.3 (2015), S. 239–243.
- [137] Wright, R. W., Preston, E., Fleming, B. C., Amendola, A., Andrish, J. T., Bergfeld, J. A., Dunn, W. R., Kaeding, C., Kuhn, J. E., Marx, R. G., McCarty, E. C., Parker, R. C., Spindler, K. P., Wolcott, M., Wolf, B. R. und Williams, G. N. „A systematic review of anterior cruciate ligament reconstruction rehabilitation: part I: continuous passive motion, early weight bearing, post-operative bracing, and home-based rehabilitation“. In: *The journal of knee surgery* 21.3 (2008), S. 217–224.
- [138] Wu, G. K., Ng, G. Y. und Mak, A. F. „Effects of knee bracing on the sensorimotor function of subjects with anterior cruciate ligament reconstruction“. In: *The American Journal of Sports Medicine* 29.5 (2001), S. 641–645.
- [139] Xu, C. und Zhao, J. „A meta-analysis comparing meniscal repair with meniscectomy in the treatment of meniscal tears: the more meniscus, the better outcome?“ In: *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy: official journal of the ESSKA* 23.1 (2015), S. 164–170.
- [140] Yoshiya, S., Nagano, M., Kurosaka, M., Muratsu, H. und Mizuno, K. „Graft healing in the bone tunnel in anterior cruciate ligament reconstruction“. In: *Clinical Orthopaedics and Related Research* 376 (2000), S. 278–286.
- [141] Zaffagnini, S., Grassi, A., Marcheggiani Muccioli, G. M., Benzi, A., Di Roberti Sarsina, T., Signorelli, C., Raggi, F. und Marcacci, M. „Is Sport Activity Possible After Arthroscopic Meniscal Allograft Transplantation? Midterm Results in Active Patients“. In: *The American Journal of Sports Medicine* 44.3 (2016), S. 625–632.
- [142] Zaman, S., White, A., Shi, W. J., Freedman, K. B. und Dodson, C. C. „Return-to-Play Guidelines After Medial Patellofemoral Ligament Surgery for Recurrent Patellar Instability: A Systematic Review“. In: *The American Journal of Sports Medicine* (2017), S. 2530–2539.

## A. Literatur

- [143] Zellner, J., Krutsch, W., Pfeifer, C., Koch, M., Nerlich, M. und Angele, P. „Autologous chondrocyte implantation for cartilage repair. Current perspectives“. In: *Orthopedic Research and Reviews* (2015), S. 149.
- [144] Zheng, X., Kang, K., Li, T., Lu, B., Dong, J. und Gao, S. „Surgical versus non-surgical management for primary patellar dislocations: an up-to-date meta-analysis“. In: *European journal of orthopaedic surgery & traumatology: orthopedie traumatologie* 24.8 (2014), S. 1513–1523.

## B. Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Bedeutung
ACI	Autologous Chondrocyte Implantation
ACL	Anterior Cruciate Ligament, Vorderes Kreuzband
ACT	Autologe Chondrozyten-Transplantation
AMIC	Autologe Matrixinduzierte Chondrogenese
BTB	„bone-tendon-bone“, Patellarsehnen-Transplantat
CAM	Controlled Active Motion
CMI	Collagen Meniscus Implant
CPM	Continous Passive Motion
d	day, postoperativer Tag
FBW	Full Body Weight
HBW	Half Body Weight
HKB	Hinteres Kreuzband
HTO	High Tibial Osteotomy, Hohe Tibiale Osteotomie
kg	Kilogramm
m	Month, postoperativer Monat
MACT	Matrix-assoziierte Autogene Chondrozyten- Transplantation
MCL	Medial Collateral Ligament, Mediales Seitenband
MPFL	Mediales Patellofemorales Ligament
NWB	No Weight Bearing
OCT	Osteochondrale Transplantation
OT	Osteotomie
PCL	Posterior Cruciate Ligament, Hinteres Kreuzband
postop.	postoperativ
PTS	Posterior Tibial Support

## *B. Abkürzungsverzeichnis*

<b>Abkürzung</b>	<b>Bedeutung</b>
PWB	Partial Weight Bearing
RCT	Randomized Controlled Clinical Trial
STG	Semitendinosus-/Gracilissehne
TKA	Total Knee Arthroplasty, Totalendoprothese
UKA	Unicompartmental Knee Arthroplasty, Hemiprothese
VKB	Vorderes Kreuzband
w	Week, Postoperative Woche



## C. Danksagung

Mein erster Dank gilt Christian Pfeifer, der mir diese Arbeit ermöglicht hat. Er führte mich in das wissenschaftliche Arbeiten ein und stand mir in den ersten Jahren der Arbeit als Betreuer zuverlässig zur Seite.

Ich danke sehr herzlich meinem Doktorvater und Mentor Werner Krutsch. Er bereitete mir den Weg zum Dokortitel. Unsere ertragreiche Zusammenarbeit über die letzten Jahre brachte nicht nur diese Arbeit hervor, sondern sie bereitete mir auch durch seine kollegiale Art viel Freude.

Danken möchte ich auch meinem Bruder Philipp. Er hatte für meine technischen Probleme immer ein offenes Ohr. Auf seine Unterstützung und Expertise konnte ich mich über die Jahre verlassen.

Meine Schwester Bernadette möchte ich im Besonderen erwähnen. Sie dient mir seit jeher als Vorbild in vielerlei Hinsicht. Sie führte mich zum Medizinstudium. Dafür bin ich ihr für immer dankbar.

Ein weiteres Dankeschön gilt meiner Lehrerin und Freundin Silke für ihren Anteil an dieser Arbeit.

Zu guter Letzt möchte ich meinen Eltern danken, die mir dieses Studium und damit die Ausübung des Arztberufs durch ihre Unterstützung erst möglich gemacht haben.

*Danke.*

Ich, Clemens Wolfgang Kilian Memmel, geboren am 12.07.1994 in Weiden i. d. Opf., erkläre hiermit, dass ich die vorliegende Arbeit ohne unzulässige Hilfe Dritter und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe.

Die aus anderen Quellen direkt oder indirekt übernommenen Daten und Konzepte sind unter Angabe der Quelle gekennzeichnet. Insbesondere habe ich nicht die entgeltliche Hilfe von Vermittlungs- bzw. Beratungsdiensten (Promotionsberater oder andere Personen) in Anspruch genommen.

Die Arbeit wurde bisher weder im In- noch im Ausland in gleicher oder ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

---

Ort, Datum

---

Eigenhändige Unterschrift des  
Promovierenden