

Martin Goosmann, Wolfram Mittelmeier, Rainer Bader

# Kontinuierliche passive Bewegungstherapie nach operativen Eingriffen am Kniegelenk

## Eine Literaturübersicht

### Zusammenfassung:

Die kontinuierliche passive Bewegungstherapie (CPM-Therapie) mit CPM-Schienen ist eine postoperative Standardtherapie am Kniegelenk. In einer Literaturanalyse wurden Studien sowie Übersichtsarbeiten zur CPM in wissenschaftlichen Datenbanken identifiziert und in Bezug auf deren Wirksamkeit und Behandlungsstandards analysiert. Zehn Arbeiten zur vorderen Kreuzbandplastik und 7 zu knorpelreparativen Eingriffen zeigten ein verbessertes Bewegungsausmaß sowie Reduktion von Schwellung und Schmerz. Für hohe Tibia-Osteotomie und Meniskusnaht fanden sich keine kontrollierten Studien zur postoperativen CPM-Anwendung. Die Studienlage weist zum Teil methodische Defizite und eine Heterogenität in der CPM-Anwendungsdauer auf. Die analysierten Studien zeigten insgesamt positive Effekte für den Patienten beim Einsatz in oben genannten Indikationen. Dabei wurde die CPM-Therapie in den analysierten Studien meist nur als Zusatz zu einer intensiven Physiotherapie untersucht.

### Schlüsselwörter:

kontinuierliche passive Bewegungstherapie, Kniegelenk, Literaturanalyse, continuous passive motion (CPM)

### Zitierweise:

Goosmann M, Mittelmeier W, Bader R: Kontinuierliche passive Bewegungstherapie nach operativen Eingriffen am Kniegelenk. OUP 2019; 8: 292–301  
DOI 10.3238/oup.2019.0292–0301

### Einleitung

Die Sicherstellung der frühfunktionalen Mobilisierung stellt einen wesentlichen Schwerpunkt nach operativen Eingriffen an Gelenken dar und trägt maßgeblich zum Therapieerfolg bei [5, 13, 39]. Für die passive Gelenkbewegung werden neben der Physiotherapie häufig motorbetriebene Bewegungsschienen als therapeutisch-rehabilitative Maßnahme verwendet. Die kontinuierliche passive Bewegungstherapie (continuous passive motion therapy; CPM-Therapie) mit einer CPM-Schiene wurde erstmalig von Salter [32] beschrieben und ba-

siert auf der Anwendung einer Bewegungsschiene, in der das affizierte Bein passiv in die definierte Extension und Flexion geführt wird. Die CPM-Schiene wird in der postoperativen Rehabilitation u.a. bei verschiedenen Erkrankungen oder Verletzungen am Knie- und Hüftgelenk eingesetzt. Neben positiven Einflüssen auf die Heilung von Knorpelläsionen und die Gelenkbeweglichkeit hat die CPM-Anwendung auch positive Auswirkungen auf die Wiederherstellung der Gelenkhomöostase nach operativen Eingriffen [25]. Obgleich die CPM-Anwendung in der medizi-

nischen Fachliteratur anerkannt ist [12, 20, 39], existiert derzeit keine Leitlinie einer deutschen Fachgesellschaft zur definierten CPM-Therapie am Kniegelenk.

Operative Eingriffe am Kniegelenk sind von großer sozioökonomischer Relevanz. So wurden in Deutschland im Jahr 2015 beispielsweise 43.946 arthroskopische Refixationen und Plastiken am Kapselbandapparat des Kniegelenks (OPS 5–813) durchgeführt. Im gleichen Jahr erfolgten 261.700 arthroskopische Operation am Gelenkknorpel und an den Menisken (OPS 5–812)

## Continuous passive motion (CPM) therapy following surgical interventions on the knee joint A literature survey

**Summary:** Continuous passive movement (CPM) therapy with specific devices is a standard postoperative therapy for the knee joint. Through a literature analysis of clinical trials and reviews to CPM in scientific databases were identified and analysed with respect to its efficacy and treatment standards. Ten studies for anterior cruciate ligament surgery and 7 for cartilage repair procedures revealed an improved range of motion, reduction of swelling and pain. For high tibial osteotomy and meniscal suture, no controlled studies could be found. The studies demonstrated in part methodical deficits and heterogeneity in the duration of the CPM application. Overall, the analysed studies showed positive effects in patients with the above-mentioned indications. In the analysed studies the CPM therapy was usually examined only as an adjunct to intensive physiotherapy.

**Keywords:** continuous passive motion therapy, knee joint, literature survey, continuous passive motion (CPM)

**Citation:** Goosmann M, Mittelmeier W, Bader R: Continuous passive motion (CPM) therapy following surgical interventions on the knee joint. OUP 2019; 8: 292–301. DOI 10.3238/oup.2019.0292–0301

und 30.818 Umstellungsosteotomien (OPS 5–781) [37].

Das Ziel dieser Literaturübersicht war es, die verfügbaren klinischen Studien zu sichten. Dabei wurden speziell die randomisierten kontrollierten Studien (randomized controlled trials; RCTs) sowie die nicht-randomisierten kontrollierten Studien (Non-RCTs) und Übersichtsartikel zur CPM-Anwendung bei verschiedenen Erkrankungen und Verletzungen des Kniegelenks analysiert, um Rückschlüsse auf die Wirksamkeit der CPM-Anwendung zu ziehen. Für die Literaturübersicht wurden klinische Studien mit postoperativer CPM-Therapie am Kniegelenk nach folgenden operativen Eingriffen berücksichtigt:

- vordere Kreuzbandplastik (VKB-Plastik),
- hohe Tibia-Osteotomie,
- Naht des Innen- bzw. Außenmeniskus und
- knorpelreparativen Eingriffen.

### Material und Methode

Die Datenbanken „Embase“, „PubMed“, „MEDLINE“, „ScienceDirect“ und „Cochrane Library“ wurden nach Originalarbeiten im Zeitraum vom Mai 2017 bis Juni 2017 durchsucht. Darüberhinaus wurden der Vollständigkeit halber die Bibliografien der identifizierten Studien durchsucht.

Die Fragestellung wurde mittels der PICO-Methode festgelegt [34]. Die Participants (Population) waren Männer und Frauen nach den oben benannten Eingriffen am Kniegelenk. Die Intervention umfasste die CPM-Anwendung sowohl im stationären als auch im häuslichen Umfeld. Die Comparison (Vergleichsintervention) umfasste jegliche physiotherapeutische Behandlung bzw. aktive Bewegungsprogramme sowie die Anwendung aktiver Bewegungsschienen. Als Outcome (Zielgröße) wurden jegliche Variablen mit signifikanten Interventionseffekten herangezogen.

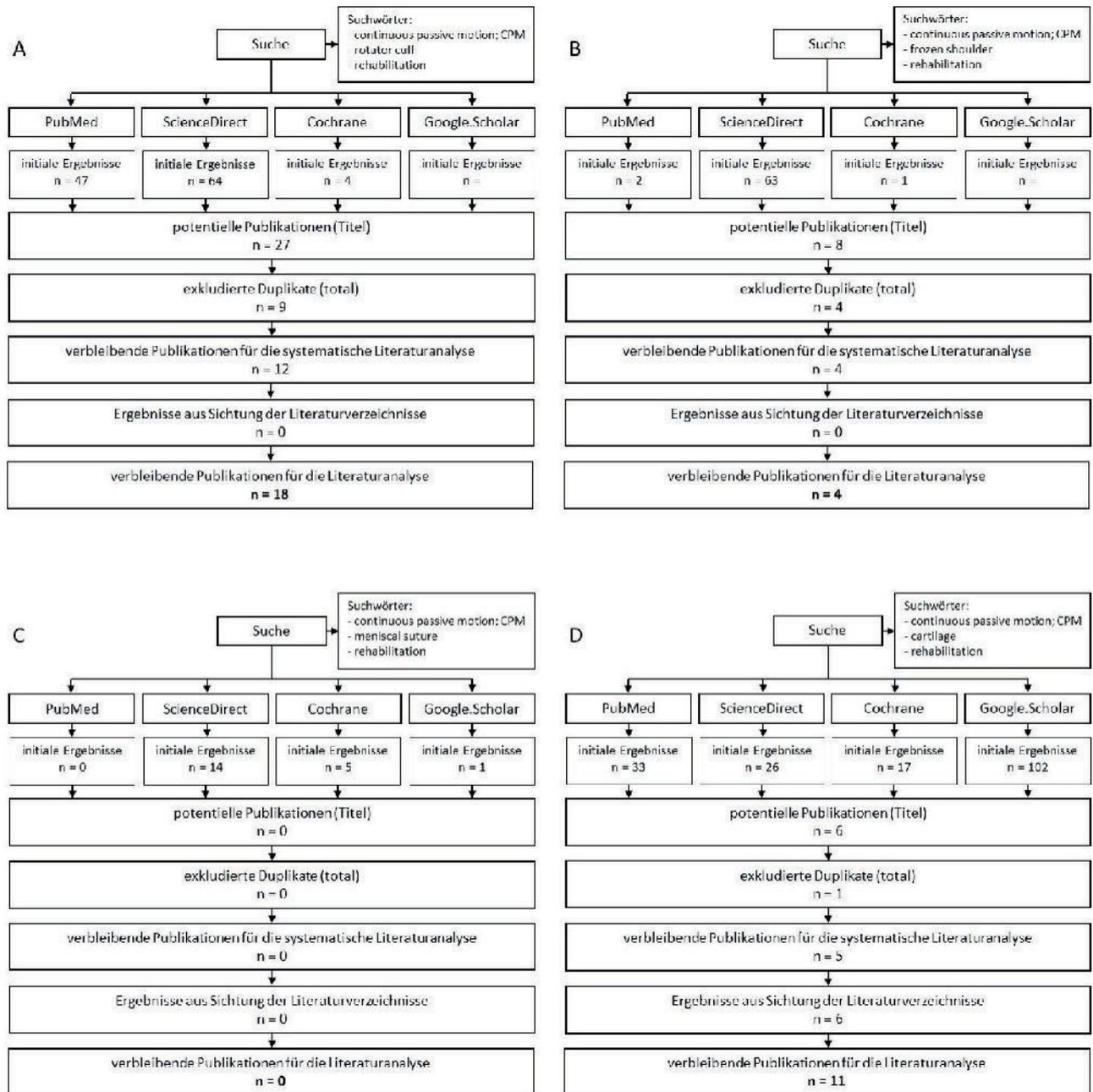
Die Suchbegriffe für die Recherche ergaben sich aus den jeweiligen Indikationen zur CPM-Therapie und der Wortkombinationen „continuous passive motion“, „CPM“ und „rehabilitation“. Die Ausschlusskriterien umfassten nicht englischsprachige Arbeiten sowie Studien, deren Gegenstand nicht die explizite CPM-Anwendung bei den genannten Indikationen darstellte. Zusätzlich wurde gezielt nach deutschsprachigen Studien recherchiert. Dafür wurden zusätzlich in der Suchfunktion bei google scholar.de die Spracheinstellungen auf Deutsch gesetzt.

Die Studienqualität wurde mittels Cochrane Collaboration's Risk of Bias Tool von 2 unabhängigen Personen (RJ, FF) beurteilt. Mittels

dieser Studienbewertung kann das Risk of Bias (Verzerrung) beurteilt werden. Demnach kann den Studien ein geringes Verzerrungsrisiko zugesprochen werden, wenn alle Kriterien zutreffen. Eine moderate Verzerrung liegt vor, wenn ein oder mehrere Kriterien nur teilweise erfüllt werden. Ein hohes Risiko für Verzerrung lässt sich belegen, wenn ein oder mehrere Kriterien nicht erfüllt werden [14].

### Ergebnisse und Diskussion

Ziel dieser Literaturübersicht war es, den Effekt einer CPM-Anwendung am Kniegelenk in der postoperativen Rehabilitationsphase bei ausgewählten Erkrankungen und Verletzungen zu untersuchen. Während dieser Literaturanalyse ließen sich 10 klinische Studien (darunter 8 RCTs) zur CPM-Anwendung nach einer vorderen Kreuzbandplastik und 7 klinische Studien (darunter keine RCTs) zur CPM-Anwendung nach knorpelreparativen Eingriffen in den durchsuchten Datenbanken finden (Abb. 1). Zudem konnten 6 systematische Reviews zu der Thematik gefunden werden. Darüber hinaus konnten keine klinischen Studien und keine systematischen Reviews erfasst werden, die explizit eine CPM-Anwendung nach einer hohen Tibia-Osteotomie und nach einer Naht des Innen- bzw. Außenmenis-



**Abbildung 1** Flussdiagramm zur Veranschaulichung der durchgeführten Suchstrategie und deren Ergebnisse. A: Vordere Kreuzbandplastik, B: hohe Tibia-Osteotomie, C: Meniskusnaht und D: knorpelregenerative Eingriffe

kus als Gegenstand einer klinischen Studie hatten (Abb. 1).

Nachfolgend werden entsprechend die einzelnen Ergebnisse der durchgeführten Literaturanalyse zu 2 Indikationen einer postoperativen CPM-Therapie am Kniegelenk dargestellt und diskutiert:

1. vordere-Kreuzbandplastik (VKB-Plastik) und
2. knorpelreparative Eingriffe (Tab. 1 und 2).

### Vordere Kreuzbandplastik

Zehn Arbeiten (darunter 8 RCTs) und 2 Reviews zur CPM-Anwendung nach einer operativen Versorgung des rupturierten vorderen Kreuzbands mittels Kreuzbandplastik konnten in die vorliegende Literaturanalyse eingeschlossen werden. Die Studienlage zeigt, dass die CPM-Anwendung nach VKB-Plastik kein erhöhtes Bandlaxitätsrisiko mit sich brachte [21, 27], die Schwellung reduzierte [42], das

Bewegungsausmaß verbesserte [4, 42], die Medikation verringerte [22, 40, 42], die Propriozeption nicht verbesserte [9] und den Krankenhausaufenthalt verkürzte [40]. Drei Studien zeigten keine Unterschiede [7, 26, 31].

Die aufgeführten klinischen Studien weisen zum einen eine geringe Fallzahl auf und zum anderen wurde in keiner Studie eine Poweranalyse durchgeführt, um vorab eine aus-

sagekräftige Stichprobengröße zu ermitteln. Eine systematische Analyse bzw. Darstellung von Drop-outs und der Compliance der Patienten im Sinne der Publikationsleitlinien nach aktuellen Consort-Kriterien [24] erfolgte zum damaligen Zeitpunkt nicht. Daher lassen sich aus den vorliegenden Studien nur bedingt Rückschlüsse auf ein anwendungsbedingtes Verletzungsrisiko der Patienten durch die CPM-Anwendung im Akutkrankenhaus oder in der Häuslichkeit ziehen.

Des Weiteren war nur bei Richmond et al. der Statistiker verblindet [27]. Bei den anderen Studien könnte eine Verzerrung sowohl in der Selektion der Patienten als auch in der Berichterstattung vorliegen. Somit könnte diesen Studien möglicherweise ein Fehler zweiter Art zugrunde liegen. Eine Verblindung der Studienteilnehmer und der Therapeuten war aufgrund der Interventionsart nicht möglich und wurde daher nicht weiter berücksichtigt. Bedingt durch die vornehmlich in den 1990er-Jahren durchgeführten Studien entspricht die hierbei durchgeführte statistische Analyse nicht den heutigen Standards. Eine Kovarianzanalyse mit Adjustierung für den Faktor Baseline hätte z.B. eine Alphafehler-Kumulierung bzw. einen Fehler erster Art ausschließen können.

Die Dauer der CPM-Anwendung von bis zu 24 Stunden täglich in den internationalen Studien [40] führt dazu, dass die Ergebnisse nur schwer auf das übliche Anwendungsszenario in Deutschland übertragbar sind, mit weitaus geringerer täglicher Anwendungsdauer. Einzig eine international publizierte Studie von Yates et al. [42] spiegelt ansatzweise den deutschen Therapiestandard der CPM-Anwendung in der Häuslichkeit wider.

Basierend auf dieser Literaturanalyse, ist die therapeutische Wirksamkeit der CPM-Anwendung nach VKB-Plastik für die Parameter Bewegungsausmaß [4, 42], Schwellung [42] und Bandlaxitätsrisiko [21, 27] zu erkennen, wobei die oben genannten methodischen Defizite in den vorliegen-

den Studien die Beurteilung des Nutzens der CPM-Anwendung nach VKB-Plastik nach aktuellem Wissensstand erschweren. Diese Aussagen gehen einher mit den Ergebnissen internationaler Reviews [36, 41].

Neben den hier dargestellten klinischen Studien sind derzeit nur 2 internationale Überblicksartikel publiziert, die die CPM-Anwendung nach einer VKB-Plastik thematisieren. Smith und Davies schlossen 8 klinische Studien (Evidenzlevel I, II und III) [7, 9, 13, 21, 22, 31, 40] und Wright et al. [7, 13, 21, 22, 27, 31, 40] 6 klinische Studien (Evidenzlevel I und II) in ihre Analysen ein (die im Review von Smith und Davies [36] zitierte Arbeit von Rigon et al. [28] lag nur als Abstract vor und wurde daher für die systematische Literaturliteraturanalyse nicht berücksichtigt). Die Übersichtsarbeiten von Smith und Davies und Wright et al. [36] sind narrative Reviews und präsentieren ihre Fragestellungen mittels des PICO-Modells [34]. Darüberhinaus wird nur von Smith und Davies [36] das Verzerrungsrisiko der eingeschlossenen Studien umfangreich beurteilt. Zusammenfassend zeigen beide Reviews methodische Defizite in den vorliegenden Studien auf und konstatieren studienlagenbedingt keine eindeutige Überlegenheit der CPM-Anwendung nach VKB-Plastik gegenüber der Physiotherapie. Eine umfangreiche Metaanalyse ist aufgrund der veralteten Studienlage nur schwer zu realisieren, da die Berichterstattung nicht mehr den heutigen Standards entspricht.

Es sollten daher entsprechende RCTs, die auf Basis einer Poweranalyse angelegt sind, durchgeführt werden, damit eindeutige Aussagen zum Nutzen der postoperativen CPM-Therapie abgeleitet werden können. Zudem mangelt es aktuell an einem einheitlichen Behandlungspfad und an Studien, die an die deutsche Versorgungslandschaft angelehnt sind. Zukünftige Studien sollten neben der passiven Bewegungstherapie auch aktive Bewegungstherapien mit physiotherapeutischen Behandlungen

nach deutschem Standard im Akutkrankenhaus und in der Häuslichkeit untersuchen bzw. gegenüberstellen. Ferner wäre es sinnvoll, eine Kontrollgruppe ohne CPM-Anwendung in zukünftigen Studien zu berücksichtigen. Dies ist jedoch aus ethischen Gesichtspunkten in Deutschland nur schwer umsetzbar, da damit den Patienten eine klinisch etablierte und anerkannte postoperative Behandlung verwehrt werden würde.

### Knorpelreparative Eingriffe

Sieben klinische Studien (darunter keine RCTs) und 3 Reviews zur CPM-Anwendung nach knorpelreparativen Eingriffen konnten in die vorliegende Literaturanalyse eingeschlossen werden. Die aktuelle Studienlage zeichnet sich durch eine große Heterogenität aus. Die vorliegenden Studien zeigen, dass die CPM-Anwendung nach knorpelreparativen Eingriffen eine gute Defektfüllung [1, 2, 10, 18, 33], gute Ergebnisse in den Fragebögen zur Kniestabilität [2, 38], zur Aktivität [2, 23, 38], zur Lebensqualität [23, 38] und zur Funktionalität [23] mit sich brachte und den Schmerz [1, 38] und die Schwellung reduzierte [38]. Die Studien sind jedoch gekennzeichnet durch fehlende Angaben zur Randomisierung, Patientenallokation und Verblindung [1, 2, 10, 18, 23, 24, 33], aber auch zur durchgeführten statistischen Analyse [1, 2, 10, 18, 33]. Bedingt durch diese unvollständige Darstellung der Studien lassen sich zusätzliche Verzerrungen nicht ausschließen. Des Weiteren resultierten die Knorpelschäden der eingeschlossenen Patienten aus Unfällen und traten in Kombination mit einem Kreuzband- bzw. Meniskusriss [2] oder einer Fraktur der Patella [18] als auch aus primären Knorpelschäden der lateralen sowie medialen Femurcondylen bzw. der Patella auf [23], was die Vergleichbarkeit des Patientenkollektivs und Rückschlüsse auf den therapeutischen Nutzen erschwert. Darüberhinaus unterscheiden sich die Patienten innerhalb einzelner Studien

\* Die im Review von Howard et al. [16] und Fazalare et al. [8] zitierten Arbeiten von Rodrigo et al. [29], Marder et al. [19], Allen et al. [3] sowie Schultz und Goebel [35] lagen nur als Abstract vor und wurden daher für die Literaturliteraturanalyse nicht berücksichtigt.

Autor, Land (Jahr), Studiendesign	n (Alter)	OP-Technik	Intervention	Parameter und Messzeitpunkte	Statistik	Ergebnisse bzw. Aussage Autoren
Richmond et al. [27], USA (1991), Evidenzklasse II, RCT	20 (k.A.) Gruppe 1: n = 10 (k.A.) Gruppe 2: n = 10 (k.A.)	BTB	Gruppe 1: 6 h/4 d CPM im AK und zuhause Gruppe 2: 6 h/14 d CPM im AK beide identisches Rehabilitationsprotokoll	Schwellung (UM), Atrophie (UM), Bewegungsausmaß (GM), nach 2, 7, 14, 28 und 42 d postop; Bandlaxität VKB (KT 1000) am 42. d postop	ANOVA, t-Test	Gruppe 2: geringere Laxität (0,4 mm vs. 2,4 mm, p = 0,04) > kein erhöhtes Bandlaxitätsrisiko durch CPM-Anwendung zuhause
Rosen et al. [31], USA (1992), Evidenzklasse II, RCT	75 (k. A.) Gruppe 1: n = 25 (29,0 J.) Gruppe 2: n = 25 (27,0 J.) Gruppe 3: n = 25 (25,0 J.)	BTB	Gruppe 1: PT im AK und zuhause Gruppe 2: 20 h/Ø 2,9 d CPM und Physiotherapie im AK, nur Physiotherapie in der Häuslichkeit Gruppe 3: 20 h/Ø 2,9 d CPM und PT im AK, CPM und zuhause	Bewegungsausmaß (GM) am Entlassungstag, 1 w danach sowie monatlich bis 6. m postop Bandlaxität VKB (KT 1000) präop, postop, nach Beendigung des operativen Eingriffs sowie nach 2 und 6 m; Menge DF, Medikation im AK; KVD	ANOVA	keine Unterschiede zwischen den Gruppen > die aktive physiotherapeutisch betreute Bewegungstherapie und die CPM-Anwendung unterscheiden sich in den ersten 30 d.
Yates et al. [42], USA (1992), Evidenzklasse II, RCT	30 (25,4 J.) Gruppe 1: n = 15 (25,5 J.) Gruppe 2: n = 15 (25,3 J.)	BTB	Gruppe 1: 16 h/3 d CPM im AK, anschließend PT und 6 h/14 d CPM sowie Übungsprogramm zuhause Gruppe 2: PT im AK und Übungsprogramm zuhause	Schwellung (UM), Schmerzempfinden (VAS) während der ersten 3 d postop; Medikation (Gesamtanzahl), Menge DF für die ersten 24 h im AK; Bewegungsausmaß (GM) am d 3, 7 und 21 postop	ANOVA	Gruppe 1: signifikante Unterschiede zugunsten der CPM für Schwellung, Erguss, verabreichte Schmerzmittel und Bewegungsausmaß > CPM führt zu vermindertem Erguss, geringerer Medikation und Schwellung, verbessertem Bewegungsausmaß.
McCarthy et al., [21], USA (1993), Evidenzklasse II, RCT	20 (k.A.) Gruppe 1: n = 10 (25,1 J.) Gruppe 2: n = 10 (24,8 J.)	BTB	Gruppe 1: 16 h/3 d CPM im AK, anschließend PT und 6 h/14 d CPM zuhause Gruppe 2: PT im AK und zuhause	Bandlaxität VKB (KT 1000), manueller Lachman-Test, manueller Pivot-Shift-Test) nach 1 J	t-Test	keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen > unmittelbare CPM-Anwendung hat keine schädlichen Auswirkungen auf Bandlaxität
McCarthy et al. [22], USA (1993), Evidenzklasse II, RCT	30 (25,4 J.) Gruppe 1: n = 15 (25,5 J.) Gruppe 2: n = 15 (25,3 J.)	BTB	Gruppe 1: 16 h/3 d CPM im AK und PT und 6 h/ 14 d CPM zuhause Gruppe 2: PT im AK und zuhause	Menge Analgetika und Nutzung der Schmerzpumpe durch Patienten in ersten 24 h postop; Häufigkeit Nutzung patientengesteuerte analgetische Pumpe, Menge genommene orale Schmerzmittel und grafische Schmerzbewertung bis zur Entlassung	ANOVA	Gruppe 2: Verbrauch an Analgetika, Nutzung der Schmerzpumpe, Menge der oralen Schmerzmittel am 2. und 4. d postop signifikant erhöht > unmittelbare CPM-Anwendung führt zu einer verringerten postop Schmerzmedikation
Witherow et al. [40], AUS (1993), Evidenzklasse III, non-RCT	216 (k.A.) Gruppe 1: n = 108 (28,3 J.) Gruppe 2: n = 108 (28,6 J.)	BTB	Gruppe 1: 24 h CPM-Anwendung im AK, aktive Bewegungstherapie ab d 2 postop Gruppe 2: Bewegungstherapie ab d 2 postop	Schmerz (auf das KG normierte Menge der postop injizierten und oralen Analgetika), Menge an DF während Aufenthalt im AK; Bewegungsausmaß (GM) 6 m; KVD	t-Test	Gruppe 1: signifikant geringere Analgesie, geringerer Blutverlust, kürzere KVD > routinemäßige postop CPM-Anwendung führt nicht zur Verbesserung des Bewegungsausmaßes nach VKB-Plastik

Autor, Land (Jahr), Studiendesign	n (Alter)	OP-Technik	Intervention	Parameter und Messzeitpunkte	Statistik	Ergebnisse bzw. Aussage Autoren
Engström et al. [7], SWE (1995), Evidenzklasse II, RCT	34 (27,0 J.) Gruppe 1: n = 17 (k. A.) Gruppe 2: n = 17 (k. A.)	BTB	Gruppe 1: aktive und passive Bewegungsübungen im AK Gruppe 2: 6 h/ 6 d CPM und aktive + passive Bewegungsübungen im AK	Schwellung (UM), Muskelatrophie (UM), Bewegungsausmaß (GM) prä-op und 6 w postop	t-Test, Mann-Whitney-U-Test	Gruppe 2: signifikant erhöhte Werte für Schwellung (evtl. durch erhöhte Ausgangswerte) > CPM-Anwendung keine Vorteile nach einer VKB-Plastik
Bizzini et al. [4], CHE (2002), Evidenzklasse II, RCT	23 (30,4 J.) Gruppe 1: n = 12 (k. A.) Gruppe 2: n = 11 (k. A.)	BTB (n = 12) und ST (n = 11)	Gruppe 1: 4x 30 m/Ø 3,0 d CAM und kriterienbasiertes Rehaprogramm im AK Gruppe 2: 6–8 h/ 6 d CPM und aktive sowie passive Bewegungsübungen im AK	Bewegungsausmaß (GM) prä- und postop an d 4, 3 d nach Entlassung und am Ende des 1. m postop; Bandlaxität VKB (KLA) 1 m postop; alltägliche Aktivitäten (spezifischer Fragebogen) präop und 1 m postop	Mann-Whitney-U-Test	Gruppe 2: Bewegungsausmaß signifikant erhöht zu allen Messzeitpunkten > CAM-Anwendung nur ergänzend zur CPM-Anwendung applizieren
Friemert et al. [9], DEU (2006), Evidenzklasse II, RCT	60 (23,0 J.) Gruppe 1: n = 30 (k. A.) Gruppe 2: n = 30 (k. A.)	BTB (n = 22) und STG (n = 38)	Gruppe 1: 3x 1 h/7 d CPM und LD sowie isometrische Kräftigungsübungen im AK Gruppe 2: 3x 1 h/ 7 d CAM und LD sowie isometrische Kräftigungsübungen im AK	Gelenkwahrnehmung (WRT), Bewegungsausmaß (GM), Schmerzempfinden (VAS) präop und d 7. postop; intraartikulärer Erguss (US) am Entlassungstag	ANOVA, t-Test	Gruppe 1: ein signifikant erhöhter Fehler beim WRT > CAM verbessert die postoperative Propriozeption nach VKB-Plastik
Porzig et al. [26], DEU (2007), Evidenzklasse II, RCT	111 (30,6 J.) Gruppe 1: n = 52 (k.A.) Gruppe 2: n = 59 (k.A.)	BTB	Gruppe 1: 1x 30 min/7 d KGym im AK Gruppe 2: 1x 30 min/ 7 d KGym und 1x 1 h/7 d im AK	Beurteilung prä- + postop-Befunde mit Fragebogen (IK); Bewegungsausmaß (GM), Muskelatrophie + Schwellung (UM), Schmerzempfinden (VAS), Entzündungsaktivität (C-reaktives Protein), Temperaturverlauf präop, in den ersten 5 d postop, nach 6 w, 6 und 12 m	Wilcoxon-Test	keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen > CPM-Anwendung hat in der frühen postoperativen Phase keine Vorteile gegenüber einer PT-Behandlung nach VKB-Plastik

Abkürzungen: RCT: randomized control trial; k.A.: keine Angabe; h: Stunde; d: Tag; w: Woche; m: Monat; J: Jahr; BTB: bone-patellar tendon-bone, Transplant aus mittleren Patellasehnedrittel sowie Knochenblock aus Patellaspitze und Tuberositas tibiae; DF: Drainageflüssigkeit; GM: Goniometrie; KG: Körpergewicht; KLA: Kneelax-Arthometer; KGym: Krankengymnastik; PT: Physiotherapie; KVD: Krankenhausverweildauer; LD: Lymphdrainage; US: Ultraschalluntersuchung; VAS: Visuelle Analogskala; CPM: continuous passive motion device (CPM-Schiene); AK: Akutkrankenhaus; IK: Internationales Knieokumentationskomitee; UM: Umfangmessung; WRT: Winkelreproduktionstest; Ø arithmetisches Mittel, VKB: vordere Kreuzbandplastik; ST: Transplant aus der Sehne des M. semitendinosus; STG: Transplant aus der Sehne des M. semitendinosus et gracilis; CAM: controlled active motion (aktive Bewegungsschiene); Klassifizierung des Evidenzlevels erfolgte nach OCEBM Levels of Evidence Working Group\*. „The Oxford Levels of Evidence 2“. Oxford Centre for Evidence-Based Medicine. [www.cebm.net/index.aspx?o=5653](http://www.cebm.net/index.aspx?o=5653)

**Tabelle 1** Übersicht zur Charakteristik der analysierten Studien nach einer vorderen Kreuzbandplastik

auch in der Größe der Defektareale und der jeweiligen Lokalisation der Knorpeldefekte. Nur 2 Studien [10, 33] richteten sich nach den Vorgaben zur Vereinheitlichung von Knorpelschäden der International Cartilage Repair Society (ICRS) [6]. Die Interpretation der Ergebnisse wird in 3 Studien [1, 2, 18] dadurch eingeschränkt, dass die jeweiligen

Messungen nicht mit allen Patienten durchgeführt wurden. Demnach wurde auf eine *Intention-to-treat*-Analyse [27] mit imputierten Datensätzen verzichtet.

Zudem erschweren die unterschiedlichen operativen Verfahren und Rehabilitationsregime einen Vergleich der Studien untereinander. Neben der CPM-Anwendung kamen

bei allen Studien ergänzende Interventionsmaßnahmen wie Physiotherapie und isometrische Übungen zum Einsatz. Laut Literatur ist eine passive zyklische Bewegung des Kniegelenks mittels einer CPM-Schiene zwischen 6–8 Stunden pro Tag für die Knorpelversorgung optimal [15, 17]. Dieser Therapieumfang wurde in 4 Studien umgesetzt [1, 18,

Autor, Land (Jahr)	n (Alter)	Defektareal	OP-Technik	Intervention	Parameter und Messzeitpunkte	Statistik	Ergebnisse bzw. Aussage Autoren
Lorentzon et al. [18], SWE (1998), Evidenzklasse III, non-RCT	n = 26 (31,5 J.)	Knorpeldefekt: Patella: 0,75–20 cm <sup>2</sup>	autologe Knorpelzelltransplantation (Periostlappen)	Gruppe 1: 6x 1 h/ 6 d CPM sowie progressive Kräftigungsübungen und Gewichtsbelastung im AK	Biopsie Gruppe 1: n = 5, < 12 m postop; Röntgen prä Gruppe 1: n = 22, MRT postop: n = 22, k.A. zum Messzeitpunkt	k.A.	Gruppe: gute Defektfüllung, gute Werte im Brittberg-Score > CPM-Anwendung führt zu besserer Regeneration des Gelenkknorpels
Alfredson et al. [1], SWE (1999), Evidenzklasse III, non-RCT	57 (32,0 J.) Gruppe 1: n = 38 (30,7 J.) Gruppe 2: n = 19 (33,4 J.)	Knorpeldefekt: Patella: Gruppe 1: 0,75–20 cm <sup>2</sup> Gruppe 2: 2,0–15,75 cm <sup>2</sup>	autologe Knorpelzelltransplantation (Periostlappen)	Gruppe 1: 6x 1 h/ 6 d CPM + progressive Kräftigungsübungen und Gewichtsbelastung im AK Gruppe 2: 6x 1 h/ 6 d CAM (4x 20 Wdh.) + progressive Kräftigungsübungen und Gewichtsbelastung im AK	MRT postop Gruppe 1: n = 18, Gruppe 2: n = 0, k.A. zum Messzeitpunkt; Biopsie Gruppe 1: n = 8, Gruppe 2: n = 3 < 12 m postop; Schmerz (Brittberg-Score) Gruppe 1: zw. 33–92 m, Gruppe 2: zw. 14–28 m	k.A.	Gruppe 1: gute Defektfüllung, bessere Werte im Brittberg-Score > CPM-Anwendung hat in der frühen postop Phase Vorteile gegenüber einer CAM-Anwendung
Alfredson et al. [2], SWE (1999), Evidenzklasse III, non-RCT	n = 7 (29,8 J.)	Knorpeldefekt: mediale Femurkondyle: 1,0–13,5 cm <sup>2</sup>	autologe Knorpelzelltransplantation (Periostlappen)	3x 1 h/6 d CPM sowie progressive Kräftigungsübungen und Gewichtsbelastung im AK	MRT prä. n = 6 und Röntgen prä. n = 7; Messung Knieinstabilität (Lysholm-Score) und Aktivitätsscore (Tegner-Score) präoperativ sowie nach 6 und 12 m; MRT postoperativ n = 4 aber k.A. zum Messzeitpunkt	k.A.	MRT: gute Defektfüllung, verbesserte Werte in Tegner- und Lysholm-Score
Steadman et al. [38], USA (2003), Evidenzklasse IV, non-RCT	n = 72 (30,4 J.)	Knorpeldefekt: u.a. mediale Femurkondyle und Trochlear: 277,4 mm <sup>2</sup>	Mikrofrakturierung	6–8 h/d CPM, k.A. über gesamten Anwendungszeitraum sowie Kryotherapie und ein defektbedingtes Rehabilitationsprogramm	Messung Knieinstabilität (Lysholm-Score) und Aktivitätsscore (Tegner-Score) präop sowie zum finalen Follow-up (Ø 11,3 Jahre); Lebensqualität (WOMAC und SF-36); Schwellung und Schmerz	t-Test, ANOVA, Pearson Korrelation	signifikant verringerter Schmerz, Schwellung sowie verbesserter Tegner- und Lysholm-Score, WOMAC sowie SF-36
Minas et al. [23] USA (2010), Evidenzklasse III, non-RCT	153 (38,3 J.)	Knorpeldefekt: u.a. mediale, laterale Femurkondyle, Trochlea, Patella: 1–15,1 cm <sup>2</sup>	autologe Chondrozytentransplantation	Stufe 1: 6–8 h/d CPM + isometrische Übungen, Sohlenkontakt 1.–6. w Stufe 2: aktives Beüben bis Vollbelastung 6.–12. w Stufe 3: Aktivitätssteigerung	Lebensqualität (WOMAC und SF-36), Funktionalität (KSS) Sportliche Aktivität (Cincinnati Rating Scale) prä., nach 2 Jahren und zum finalen Follow-up (Ø 64,2 Monate)	t-Test	in allen Scores zeigten sich signifikante Verbesserungen
Goebel et al. [10], DEU (2011), Evidenzklasse III, non-RCT	55 (19,8 J.)	stabile juvenile und adulte Osteochondrosis dissecans (Grad I–II der ICRS)	minimalinvasive retrograde Anbohrung	CPM + isometrische Übungen, Sohlenkontakt 1.–6. w, k.A. zur täglichen Anwendungsdauer; ab 7. w Vollbelastung und Muskelaufbau	Lebensqualität postoperativ (SF-36), Operationsergebnis (Röntgen: Rodegerts- und Gleissner-Scores; MRT: Einteilung nach Nelson u. DiPaola)	k.A.	Röntgenbefund nach der Einteilung von Rodegerts und Gleissner verbesserte sich von prä zu post von 3,04 auf 1,91

Autor, Land (Jahr)	n (Alter)	Defektareal	OP-Technik	Intervention	Parameter und Messzeitpunkte	Statistik	Ergebnisse bzw. Aussage Autoren
Goebel et al. [10], DEU (2011), Evidenzklasse III, non-RCT	55 (19,8 J.)	stabile juvenile und adulte Osteochondrosis dissecans (Grad I-II der ICRS)	minimal-invasive retrograde Anbohrung	CPM + isometrische Übungen, Sohlenkontakt 1.–6. w, k.A. zur täglichen Anwendungsdauer; ab 7. w Vollbelastung und Muskelaufbau	Lebensqualität postoperativ (SF-36), Operationsergebnis (Röntgen: Rodegerdts- und Gleissner-Scores; MRT: Einteilung nach Nelson und DiPaola)	k.A.	Röntgenbefund nach der Einteilung von Rodegerdts und Gleissner verbesserte sich von prä zu post von 3,04 auf 1,91
Saw et al. [33], MYS (2011), Evidenzklasse III, non-RCT	5 (39,4 J.)	Knorpeldefekt: Knie und Patella Grad III und IV ICRS 0,5–8 cm <sup>2</sup>	Subchondralbohrung	2 h CPM/d vom 1. d bis 4. w sowie stufenweise Erweiterung des Bewegungsausmaßes	Arthroskopie n = 5 Biopsie n = 5	k.A.	histologische Befunde der Biopsie zeigten hyalinen Knorpel; Arthroskopie wies Knorpelabdeckung auf

Abkürzungen: RCT randomized control trial; k.A.: keine Angabe; h: Stunde; d: Tag; w: Woche; J: Jahr; CPM: continuous passive motion device (CPM-Schiene); AK: Akutkrankenhaus; CAM: controlled active motion (aktive Bewegungsschiene); Wdh: Wiederholung; Ø arithmetisches Mittel; SF-36: 36-Item Short Form Survey; WOMAC: Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index; KSS: Knee Society Score; ICRS: International Cartilage Repair Society; MRT: Magnetresonanztomografie; Klassifizierung des Evidenzlevels erfolgte nach OCEBM Levels of Evidence Working Group\*. „The Oxford Levels of Evidence 2“. Oxford Centre for Evidence-Based Medicine. [www.cebm.net/index.aspx?o=5653](http://www.cebm.net/index.aspx?o=5653)

**Tabelle 2** Übersicht zur Charakteristik der analysierten Studien nach knorpelreparativen Eingriffen

23, 38], wohingegen sich in einer Studie keine expliziten Angaben zur CPM-Anwendungsdauer [10] fanden. Die Übersichtsarbeit von Karnes et al. konstatiert ebenfalls einen Mangel an spezifischen Angaben zur CPM-Anwendungsdauer und fehlende einheitliche Behandlungsschemas, die die Notwendigkeit standardisierter Berichterstattung untermauern [17].

Diese Literaturübersicht zeigt, dass ein therapeutischer Nutzen der CPM-Anwendung nach knorpelreparativen Eingriffen zu erkennen ist, jedoch die Aussagekraft aufgrund des geringen Evidenzlevels und der heterogenen Studienlage eingeschränkt ist. Die aufgeführten Fallstudien [1, 2, 10, 18, 23, 24, 33] zeigen positive Effekte der CPM, welche zukünftig mit RCTs untermauert werden sollten. Neben den dargestellten klinischen Studien sind derzeit 2 internationale Reviews [8, 16] und ein deutschsprachiges Review [36] publiziert, die den Nutzen der CPM-Anwendung nach knorpelregenerativen Eingriffen am Kniegelenk thematisieren. Howard et al. [16] schlossen 4 klinische Studien (Evidenzlevel II, III und IV)\*, Fazalare et al. [8] 4 klinische Studien (Evidenzlevel III und IV)\*<sup>1</sup> und Rogan et

al. [30] 9 klinische Studien (Evidenzlevel III und IV)\*<sup>1</sup> in ihre Analysen ein.

Die Reviews belegen methodische Defizite in den vorliegenden Studien und plädieren für die Durchführung weiterer RCTs bei der CPM-Anwendung nach knorpelreparativen Eingriffen. Die 3 genannten Übersichtsarbeiten sind narrative Reviews, wobei Howard et al. [16] und Fazalare et al. [8] in ihren Übersichtsarbeiten die Fragestellung nicht mittels des PICO-Modells [39] präsentieren. Darüber hinaus wird bei Fazalare et al. [8] das Verzerrungsrisiko der eingeschlossenen Studien nicht beurteilt. Eine umfangreiche Metaanalyse ist aufgrund des Berichtstandards, der inhomogenen Studienlage und der eingeschränkten Studienqualität derzeit allerdings kaum zu realisieren.

### Limitationen und Ausblick

Das durchgeführte Literatur-Review zur CPM-Anwendung bei operativen Eingriffen am Kniegelenk bei ausgewählten Erkrankungen und Verletzungen greift vornehmlich auf Studien in den 1990er-Jahren zurück. Aktuelle Arbeiten zu kontrollierten klinischen Studien der CPM-Anwendung wurden nicht gefunden. Daher

ist eine evidenzbasierte Bewertung zur Wirksamkeit der CPM-Anwendung durch die dargelegte Studienlage nur bedingt möglich. Die analysierten klinischen Studien haben die CPM-Anwendung meist nur als Zusatz zu einer intensiven Physiotherapie untersucht und entsprechen kaum der deutschen stationären und häuslichen Behandlungswirklichkeit.

Die in dieser Arbeit analysierten Studien zur CPM-Anwendung zeigen positive Effekte für den Patienten beim Einsatz in verschiedenen Indikationen unter Beachtung aufgeführter methodischer Defizite. Dies wird auch durch die beobachteten positiven Ergebnisse in tierexperimentellen Untersuchungen [25] belegt. Auf Basis der vorliegenden Studienlage konnte für die humane Anwendung keine Überlegenheit der CPM gegenüber der Physiotherapie gezeigt werden. Um die Wirksamkeit der CPM-Anwendung entsprechend quantifizieren bzw. vergleichen zu können, sind Studienkonzepte notwendig, die zum einen die alleinige CPM-Anwendung gezielt mit der Physiotherapie vergleichen und zum anderen die CPM-Anwendung im Vergleich zu einer Kontrollgruppe ohne Physiotherapie bei verschiede-

nen Indikationen untersuchen, sowohl im stationären als auch im häuslichen Umfeld mittels RCTs nach aktuellen evidenzbasierten Standards. Solche Studienkonzepte sind aus ethischen Gesichtspunkten in Deutschland kaum umsetzbar, da den Patienten eine postoperative Nachbehandlung in Form einer CPM oder einer Physiotherapie verwehrt werden würde.

Die vorliegende Arbeit stellt eine Übersicht zur aktuellen Studienlage CPM-Therapie bei ausgewählten operativen Eingriffen am Kniegelenk dar. Für eine genauere Bewertung sollte in zukünftigen Arbeiten eine systematische Qualitätsbewertung von RCTs und Non-RCTs (Fall- bzw. Kohortenstudien) durchgeführt und wenn möglich eine Metaanalyse erstellt werden. Ferner sollten Leitlinien sowie Fach- und Lehrbücher (Evidenzklasse V) auch in die Bewertung des Stellenwerts der CPM-Therapie in der Rehabilitationsbehandlung nach operativen Eingriffen am Kniegelenk Berücksichtigung finden.

Insgesamt hat die CPM-Anwendung einen hohen Stellenwert zur Sicherstellung einer frühfunktionalen Mobilisierung sowohl stationär als auch in der Häuslichkeit. In diesem Kontext sollte für die postoperative Nachbehandlung in der Häuslichkeit die zunehmende Unterversorgung des ländlichen Raums mit Physiotherapeuten in Betracht gezogen und in Studien zur Versorgungsforschung geklärt werden, inwieweit die Sicherstellung einer frühfunktionalen Mobilisierung mittels Physiotherapie und CPM unter gesundheitsökonomischen Gesichtspunkten sinnvoll ermöglicht werden kann.

**Danksagung:** Die Autoren bedanken sich bei Frau Franziska Knaack und Dr. Robert Jacksteit für ihre Unterstützung bei der Literaturrecherche und -analyse.

#### Interessenkonflikt:

Die der Übersichtsarbeit zugrunde liegende Literaturanalyse wurde im Rahmen eines Forschungsprojektes durch den Verband CPM-Therapie e. V. finanziell unterstützt.

#### Literatur

1. Alfredson H, Lorentzon H: Superior results with continuous passive motion compared to active motion after periosteal transplantation. A retrospective study of human patella cartilage defect treatment. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 1999; 7: 22–8
2. Alfredson H, Thorsen K, Lorentzon R: Treatment of tear of the anterior cruciate ligament combined with localised deep cartilage defects in the knee with ligament reconstruction and autologous periosteum transplantation. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 1999; 7: 69–74
3. Allen M, Wellen M, Hart D, Glasoe W: Rehabilitation following autologous chondrocyte implantation surgery: case report using an accelerated weight-bearing protocol. *Physiother Can* 2007; 59: 286–98
4. Bizzini M, Caporaso F, Drobny T: Postoperative Rehabilitation nach vorderer Kreuzbandrekonstruktion – Aktive versus passive Bewegungsschiene – eine prospektive, randomisierte Studie mit 23 Patienten. *Krankengymnastik – Zeitschrift für Physiother* 2002; 5
5. Chang K, Hung C, Han D, Chen W, Wang T, Chien K: Early Versus Delayed Passive Range of Motion Exercise for Arthroscopic Rotator Cuff Repair: A Meta-analysis of Randomized Controlled Trials. *Am J Sports Med* 2015; 43: 1265–73
6. Dwyer T, Martin CR, Kendra R et al.: Reliability and validity of the arthroscopic international cartilage repair society classification system: correlation with histological assessment of depth. *Arthroscopy* 2017; 33: 1219–1224
7. Engström B, Sperber A, Wredmark T: Continuous passive motion in rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 1995; 3:18–20
8. Fazalare JA, Griesser MJ, Siston RA, Flanigan DC: The use of continuous passive motion following knee cartilage defect surgery: a systematic review. *Orthopedics* 2010; 33:878
9. Friemert B, Bach C, Schwarz W, Gerngross H, Schmidt R: Benefits of active motion for joint position sense. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2006; 14: 564–70
10. Goebel S, Steinert A, Rucker A, Ruder M, Barthel T: Minimal-invasive retrograde Anbohrung der Osteochondrosis dissecans des Femurcondylus mit einem speziellen Zielinstrumentarium. *Oper Orthop Traumatol* 2011; 23: 111–20
11. Gupta SK: Intention-to-treat concept: A review. *Perspect Clin Res* 2011; 2: 109–12
12. Heisel J: Rehabilitation nach endoprothetischem Ersatz von Hüfte und Knie. *Orthopäde* 2008; 37: 1217–32
13. Henderson KG, Wallis JA, Snowdon DA: Active physiotherapy interventions following total knee arthroplasty in the hospital and inpatient rehabilitation settings: a systematic review and meta-analysis. *Physiotherapy* 2018; 104: 25–35 (epub 2017 Feb 1)
14. Higgins J, Green S (Hrsg): *Cochrane Handbook for systematic reviews of interventions*. Chichester (West Sussex): John Wiley & Sons Ltd, 2008
15. Hirschmüller A, Baur H, Braun S, Kreuz PC, Südkamp NP, Niemeier P: Rehabilitation after autologous chondrocyte implantation for isolated cartilage defects of the knee. *Am J Sport Med* 2011; 39: 2686–96
16. Howard JS, Mattacola CG, Romine SE, Lattermann C: Continuous passive motion, early weight bearing, and active motion following knee articular cartilage repair. *Cartilage* 2010; 1: 276–86
17. Karnes JM, Harris JD, Griesser MJ, Flanigan DC: Continuous passive motion following cartilage surgery: Does a common protocol exist? *Phys Sportsmed* 2013; 41:53–63
18. Lorentzon R, Alfredson H, Hildingsson C: Treatment of deep cartilage defects of the patella with periosteal transplantation. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 1998; 6: 202–8
19. Marder R, Hopkins G, Timmerman L: Arthroscopic microfracture of chondral defects of the knee: a comparison of two postoperative treatments. *Arthroscopy* 2005; 21: 152–8
20. Matthies M, Zenk K, Albrecht I, Bürger S, Hamp A, Laffin R, Irmischer B, Panser-Schulz D, Tischer T, Mittelmeier W (Hrsg): *Leitfäden Physiotherapie. Stationäre physiotherapeutische Standards*. Aachen: Shaker Verlag; 2013
21. McCarthy M, Buxton B, Yates C: Effects of continuous passive motion on anterior laxity following ACL reconstruction with autogenous patellar tendon grafts. *J Sport Rehabil* 1993; 2: 171–8
22. McCarthy M, Yates CK, Anderson MA, Yates-McCarthy I: The Effects of Immediate Continuous Passive Motion on Pain during the Inflammatory Phase of Soft Tissue Healing following Anterior Cruciate Ligament Re-

- construction. *J Orthop Sport Phys Ther* 1993; 17: 96–101
23. Minas T, Gomoll AH, Solhpour S, Rosenberger R, Probst C, Bryant T: Autologous chondrocyte implantation for joint preservation in patients with early osteoarthritis. *Clin Orthop Relat Res* 2010; 468: 147–57
  24. Moher D, Hopewell S, Schulz KF et al.: CONSORT 2010 Explanation and elaboration: updated guidelines for reporting parallel group randomised trials. *J Clin Epidemiol* 2010; 340: 1–37
  25. Nakabayashi K, Sakamoto J, Kataoka H et al: Effect of continuous passive motion initiated after the onset of arthritis on inflammation and secondary hyperalgesia in rats. *Physiol Res* 2016; 65:683–91
  26. Porzig F, Krüger-Franke M, Kugler A, Rosemeyer B: Effekte der CPM-Behandlung nach operativ versorgter isolierter vorderer Kreuzbandruptur. *Sports Orthop Traumatol* 2007; 23: 193–8
  27. Richmond JC, Gladstone J, Macgillivray J, Al ET: Continuous passive motion after arthroscopically assisted anterior cruciate ligament reconstruction: Comparison of short- versus long-term use. *J Arthrosc Relat Surg* 1991; 7: 39–44
  28. Rigon A, Viola R, Lonardo F: Continuous passive motion in reconstruction of the anterior cruciate ligament. *J Sports Traumatol Rel Res* 1993; 15: 187–92
  29. Rodrigo J, Steadman J, Silliman J, Fullstone H: Improvement of full-thickness chondral defect healing in the human knee after debridement and microfracture using continuous passive motion. *Am J Knee Surg* 1994; 7: 109–10
  30. Rogan S, Taeymans J, Hirschmüller A, Niemeyer P, Baur H: Wirkung von passiven Motorbewegungsschienen nach knorpelregenerativen Eingriffen – eine systematische Literaturübersicht. *Z Orthop Unfall* 2013; 151: 468–74
  31. Rosen MA, Douglas W, Atwell EA: The efficacy of continuous passive motion in the rehabilitation of anterior cruciate ligament reconstructions. *Am J Sport Med* 1992; 20: 122–7
  32. Salter RB, Simmonds DF, Malcolm BW, Rumble EJ, MacMichael D, Clements ND: The biological effect of continuous passive motion on the healing of full-thickness defects in articular cartilage. An experimental investigation in the rabbit. *J Bone Joint Surg Am* 1980; 62:1232–51
  33. Saw K, Anz A, Merican S, Tay Y, Raganavaidu K, Jee C, McGuire DA: Articular cartilage regeneration with autologous peripheral blood progenitor cells and hyaluronic acid after arthroscopic subchondral drilling: a report of 5 cases with histology. *Arthroscopy* 2011; 27: 493–506
  34. Schardt C, Adams MB, Owens T, Keitz S, Fontelo P: Utilization of the PICO framework to improve searching PubMed for clinical questions. *BMC Med Inform Decis Mak* 2007; 7:16
  35. Schultz W, Göbel D: Articular cartilage regeneration of the knee joint after proximal tibial valgus osteotomy: a prospective study of different intra- and extra-articular operative techniques. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 1999; 7:29–36
  36. Smith T, Davies L: The efficacy of continuous passive motion after anterior cruciate ligament reconstruction: A systematic review. *Phys Ther Sport* 2007; 8: 141–52
  37. Statistisches Bundesamt (Hrsg.): Gesundheit. Fallpauschalenbezogene Krankenhausstatistik (DRG-Statistik) Operationen und Prozeduren der vollstationären Patientinnen und Patienten in Krankenhäusern – Ausführliche Darstellung. 2015; 49. Available from: [www.destatis.de](http://www.destatis.de)
  38. Steadman JR, Briggs KK, Rodrigo JJ, Kocher MS, Gill TJ, Rodkey WG: Outcomes of microfracture for traumatic chondral defects of the knee: Average 11-year follow-up. *Arthroscopy* 2003; 19: 477–84
  39. Stein V, Greitemann B (Hrsg.): Rehabilitation in Orthopädie und Unfallchirurgie: Methoden – Therapiestrategien – Behandlungsempfehlungen. 2. Auflage. Heidelberg: Springer Medizin Verlag; 2015
  40. Witherow GE, Bollen SR, Pinczewski LA: The use of continuous passive motion after arthroscopically assisted anterior cruciate ligament reconstruction: help or hindrance? *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 1993; 1: 68–70
  41. Wright RW, Preston E, Fleming BC et al.: ACL reconstruction rehabilitation: A systematic review Part I. *J Knee Surg* 2008; 21: 217–24
  42. Yates CK, McCarthy MR, Hirsch HS, Pascale MS: Effects of continuous passive motion following ACL reconstruction with autogenous patellar tendon grafts. *J Sport Rehabil* 1992; 1: 121–31

**Korrespondenzadresse**

Prof. Dr. Rainer Bader  
Orthopädische Klinik und Poliklinik  
Universitätsmedizin Rostock  
Doberaner Straße 142  
18057 Rostock, Deutschland  
[rainer.bader@med.uni-rostock.de](mailto:rainer.bader@med.uni-rostock.de)