



Springer

Dear Author:

Please find attached the final pdf file of your contribution, which can be viewed using the Acrobat Reader, version 3.0 or higher. We would kindly like to draw your attention to the fact that copyright law is also valid for electronic products. This means especially that:

- You may print the file and distribute it amongst your colleagues in the scientific community for scientific and/or personal use.
- You may make your article published by Springer-Verlag available on your personal home page provided the source of the published article is cited and Springer-Verlag and/or other owner is mentioned as copyright holder. You are requested to create a link to the published article in Springer's internet service. The link must be accompanied by the following text: "The original publication is available at springerlink.com". Please use the appropriate DOI for the article. Articles disseminated via SpringerLink are indexed, abstracted and referenced by many abstracting and information services, bibliographic networks, subscription agencies, library networks and consortia.
- Without having asked Springer-Verlag for a separate permission your institute/your company is not allowed to place this file on its homepage.
- You may not alter the pdf file, as changes to the published contribution are prohibited by copyright law.
- Please address any queries to the production editor of the journal in question, giving your name, the journal title, volume and first page number.

Yours sincerely,

Springer-Verlag

P. Kirschner

Unfall- und Wiederherstellungschirurgie, St. Vincenz- und Elisabeth-Hospital,
Katholisches Klinikum Mainz

CPM – Continuous Passive Motion: Behandlung verletzter und operierter Kniegelenke mit Mitteln der passiven Bewegung

Metaanalyse der gegenwärtigen Literatur

Die Wiederherstellung eines verletzten Gelenks ist nicht nur eine Frage der klinisch-operativen Techniken, sondern gleichermaßen von Art und Umfang der Nachbehandlung bestimmt. Seit der schwedische Arzt G.J. Zander (1835–1920) die medikomechanische Therapie in der „schwedischen Physiotherapie“ als weitere Ergänzung zur Verbesserung der Behandlungsergebnisse einführte, wurde vor allem die apparative Bewegung der Gelenke immer wieder kontrovers diskutiert. Ruhigstellung bis zur Heilung war die geübte Praxis. Robert B. Salter ist es zu verdanken, dass in den 1960er und 70er Jahren nach umfangreichen tierexperimentellen Untersuchungen die Methode der frühen kontinuierlichen passiven Bewegung nach Gelenkeingriffen Behandlungsstandard wurde. Heute wird diese Therapie u. a. bei operativer und konservativer Frakturbehandlung, Arthrolysen, Gelenkersatz, Bandplastiken, nach diversen Kontrakturen, septischer Arthritis, Gelenkdrainagen u. a. m. angewandt [11, 16].

Das größte wissenschaftliche Interesse hat bisher die Verwendung von motorbewegten Schienen in der Kniegelenkchirurgie erfahren [23]. Trotz häufigster Anwendung im klinischen Alltag wird hier immer noch

eine kontroverse Diskussion über die Anwendungsformen und Effizienz geführt. Während das Prinzip einer frühzeitigen Mobilisation im Gegensatz zu längerer Ruhigstellung bei übungstablen Gelenkrekonstruktionen und Osteosynthesen weitgehend anerkannt ist, kommt es bei der Beurteilung von Motorschienenbehandlung im Vergleich zu aktiver krankengymnastischer Therapie zu widersprüchlichen Ergebnissen.

Gegensätzliche Aussagen zu Risiken und Nutzen der Motorbewegungsschienen geben daher Anlass, in einer ausführlichen Literaturrecherche die bisher verfügbaren unterschiedlichen Studienergebnisse gegenüberzustellen und zu bewerten. Da der Tenor der wissenschaftlichen Arbeiten sich im Laufe der Jahre von einem Vergleich zwischen CPM („continuous passive motion“) und Ruhigstellung zu einem Vergleich von CPM und unterschiedlichen postoperativen Ansätzen der Physiotherapie verschoben hat, sind vornehmlich neuere klinische Arbeiten seit 1990 in diese Analyse einbezogen, um evidenzbasierte Aussagen herauszustellen.

Wiederkehrende negative Ergebnisse bei Anwendung von CPM aus früheren Arbeiten werden ebenfalls noch einmal kritisch gewürdigt und ausgewertet. Dazu werden die Ergebnisse der Grundlagenstudien – auch wenn älteren Datums –

aufgrund ihrer Bedeutung ebenfalls noch einmal aufgeführt.

Allen Arbeiten ist naturgemäß eigen, dass sie nach individuellen Fragestellungen und Bewertungen aufgebaut sind. Die große Schwierigkeit besteht in einem Vergleich völlig unterschiedlicher Behandlungsprotokolle, nicht nur hinsichtlich der verwendeten und eingestellten Bewegungsausmaße und Dauer der Anwendung, sondern insbesondere auch hinsichtlich des Beginns der CPM-Behandlung. Dies ist jedoch ein wichtiger Gesichtspunkt, wenn man sich nochmals die 4 Phasen der Pathologie der Gelenkversteifung vor Augen hält:

- Phase 1: Blutung (Minuten/Stunden),
- Phase 2: Ödem (Stunden/Tage),
- Phase 3: Granulationsgewebe (Tage/Wochen),
- Phase 4: Fibrose (Funktionsverlust).

Während zunächst der Bewegungsumfang eines Gelenks in erster Linie von der intraartikulären Flüssigkeitsmenge bzw. vom Bluterguss abhängt, ist das Ausmaß an Granulationsgewebe und die nachfolgende Fibrose davon abhängig, wie gut die angesammelte Flüssigkeit aus dem Gelenk entfernt werden konnte, da sie ansonsten im periartikulären Gewebe als extrazelluläre Matrix abgelagert wird. Die-

ser Vorgang ist durch Manipulationen in Anästhesie aber noch reversibel.

Die zuvor geschilderten pathophysiologischen Vorgänge bilden das Modell für das Verständnis der CPM.

Tierexperimentelle Grundlagen

Zunächst soll nochmals kurz ein Überblick über die tierexperimentellen Grundlagen der CPM gegeben werden.

Salter (1960, 1965, 1975, 1979, 1981) konnte an Kaninchen nachweisen, dass unmittelbar postoperativ eingeleitete CPM-Behandlung hyalinen Knorpel im Vergleich zu Immobilisation oder auch freier Aktivität im Käfig schneller und besser zur Heilung brachte. Neben der Knorpelheilung ist auch die Vermeidung der Arthrofibrose zunehmend untersucht worden. O'Driscoll (1983, 1984, 1988) konnte in seinen Arbeiten nachweisen, dass die Flüssigkeitsansammlung im intraartikulären und extraartikulären Gewebe durch CPM verhindert wird, indem ein Hämarthros schneller abgebaut wird, vornehmlich aufgrund einer oszillierenden Druckerhöhung (Breen, 1988) und insbesondere bei höheren Beugewinkeln (Funk 1991, Jayson 1970, Levick 1979).

Mesenchymale Zellen werden zu Knorpelneubildung angeregt und nach 6 Monaten ist ein signifikanter Unterschied im Knorpelüberzug des Gelenks zu sehen (Salter 1979). Dabei finden sich bei langsamerer Bewegungsfrequenz bessere Ergebnisse. Weitere Untersuchungen an ausgeprägten Stanzdefekten zeigten auch nach einem Jahr eine deutliche Überlegenheit der CPM-Gruppe hinsichtlich des Knorpelüberzugs und Reparaturgewebes (Salter 1982). Intraartikuläre Frakturen heilten besser unter CPM und es wurden deutlich weniger Arthritiszeichen in der CPM-Gruppe gesehen (Salter 1979).

Bei septischer Arthritis zeigten sich 10 Wochen nach CPM signifikant weniger Degenerationszeichen, weniger Erosionen und Osteophyten (Salter 1981). Als Erklärungen werden weniger Panusbildung, verbesserter Knorpelstoffwechsel wegen verstärkter Diffusion der Synovialflüssigkeit, schnellere Ausschwemmung von Entzündungsmediatoren und stärkere Chondrozytenstimulation diskutiert. Interessanterweise wird

Zusammenfassung · Abstract

Unfallchirurg 2004 · 107:328–340
DOI 10.1007/s00113-004-0743-9
© Springer-Verlag 2004

P. Kirschner

CPM – Continuous Passive Motion: Behandlung verletzter und operierter Kniegelenke mit Mitteln der passiven Bewegung. Metaanalyse der gegenwärtigen Literatur

Zusammenfassung

Die Anwendung motorbetriebener Bewegungsschienen in der Kniegelenkchirurgie, das Prinzip „continuous passive motion“ (CPM), wird in der Literatur sehr kontrovers diskutiert. Daher sollten in einer Literaturrecherche alle Publikationen seit 1990 evaluiert werden. Dabei zeigte sich, dass Arbeiten mit negativen Ergebnissen häufig bereits vor dieser Zeit erschienen sind und weiterhin zitiert werden. In den medizinischen Datenbanken subito-doc.de, medscape.com, medica.de und zbmed.de fanden sich 230 Publikationen welche die Suchbegriffe „CPM“, „continuous passive motion“ und „Arthromot“ enthielten. Gleichzeitig wurden Autoren gesucht, die in anderen Arbeiten zitiert worden waren. Zur CPM-Therapie nach Kniegelenkeingriffen konnten 36 Arbeiten ausgewertet werden. Die Rolle von CPM in Bezug auf Bewegungsumfang, Schwel-

lung, Krankenhausaufenthalt, Analgetikverbrauch, Kostenanalyse, postoperative Manipulation, Wundheilungsstörung und thromboembolische Komplikationen wurde bewertet. Trotz widersprüchlicher Resultate der teils retrospektiven, teils prospektiven, randomisierten und teils verblindeten Studien lässt sich bisher nur ein Trend zu verbesserten Behandlungsergebnissen feststellen. Dies erfordert neue klinische Studien zur Erarbeitung objektiver Leitlinien für die Anwendung von CPM nach Kniegelenkeingriffen.

Schlüsselwörter

Kontinuierliche passive Bewegung · Wundheilungsstörungen · Bewegungsumfang · Thromboembolien · Analgetikverbrauch · Kniechirurgie

CPM – continuous passive motion in the treatment of injured or operated knee-joints: a metaanalysis of current literature

Abstract

There is still a controversial discussion in literature about the use of motor driven splints in knee surgery – as the principle of continuous passive motion, CPM. For this reason it seemed useful for an evaluation to look through the papers which were published since 1990. It was obvious, that negative results were published often before this year, but this papers are still quoted standard works. In medical data bases subito-doc.de, medscape.com, medica.de and zbmed.de 230 papers were found by search CPM, *continous passive motion* and *arthromot*. Coincidentally there was a search for authors who were already quoted in other papers. 36 papers concerning CPM after knee surgery were utilized. The role of CPM regarding the range of motion, swell-

ing, duration of hospital stay, use of analgesics, costs, postoperative manipulations, wound healing and thrombo embolic complications was evaluated. Although the results of this partial retrospective, partial prospective, sometimes randomized or double blinded studies are in contradiction, there can only be found a trend to better results. New clinical studies for evidence based guidelines in the handling of continuous passive motion after knee surgery are necessary.

Keywords

Continuous passive motion · Wound healing · Range of motion · Thromboembolism · Analgesics · Knee surgery

beschrieben, dass die alleinige intermittierende Aktivität der Immobilisation nicht statistisch überlegen ist, wohl aber die CPM (Salter 1989).

Andere Studien zeigten bessere Ausrichtung der Sehnenfasern (Salter 1981), bessere Orientierung und Organisation des kollagenen Sehngewebes [9], Neubildung von Knorpelgewebe (O'Driscoll, 1986) sowie bessere Heilung von Ligamenten und Sehnen bei besserer Ausrichtung der Sehnenfasern [10].

Williams konnte 1994 eine verbesserte Reparatur des Knorpels nach künstlich eingeleiteter Schädigung nachweisen, hier war eine vermehrte Proteoglykansynthese unter CPM gefunden worden, was auf eine bessere Clearance von schädlichen Stoffwechselprodukten hindeutet.

Klinische Beobachtungen

CPM als Behandlungsprinzip zur frühzeitigen Funktionsverbesserung und Wiederherstellung nach Osteosynthesen oder Gelenkersatz, Arthrolysen oder Bandplastiken findet in unfallchirurgischen Kliniken heute weitverbreitete Anwendung. Zu Kontroversen über den therapeutischen Nutzen von CPM haben insbesondere Berichte über Wundheilungsstörungen, vermehrte Wundnekrosen, Blutungsrisiken, Dislokationen oder aber auch thromboembolische Komplikationen beigetragen.

Ferner ist der Stellenwert von CPM zu unterschiedlichen physiotherapeutischen Behandlungsschemata umstritten und damit auch die Frage der Kostenersparnis.

Material und Methode

Literatursuche

Es wurde zu den Suchbegriffen „continuous passive motion“ und „Motorbewegungsschienen“ zunächst die veröffentlichte Literatur von 1990 bis 2002 ermittelt. Dabei wurden 248 Arbeiten zum Thema CPM gefunden.

Von diesen Arbeiten wurden 230 als Gesamtpublikation gelesen, die übrigen Arbeiten lagen nur als Abstract vor, da vornehmlich „exotische“ Sprachen der Originalpublikation nur die Ansicht des englischen Abstracts ermöglichten.

Ein Großteil der Publikationen genügt keinen wissenschaftlichen Ansprüchen, es handelte sich um allgemein formulierte Artikel zur Anwendung von Motorschienen, Erfahrungsberichte ohne wissenschaftlichen Hintergrund oder auch Arbeiten mit eher physiotherapeutischem Leserkreis, in denen der Schwerpunkt auf unterschiedlichen Behandlungstechniken lag.

Einige Publikationen konnten zwar größere Fallzahlen und Anwendungsbeobachtungen publizieren, es handelte sich aber nicht um Studien, in denen zumindest eine retrospektive Beobachtung zweier Behandlungsarme vorlag. Diese Arbeiten wurden aber in der Ergebnisdiskussion zum Teil mit berücksichtigt.

Studienauswahl

Um eine bessere Übersichtlichkeit zu erreichen, war eigentlich eine Eingrenzung auf Publikationen klinischer Ergebnisse ab 1990 geplant. Bei der kritischen Diskussion ergab sich jedoch die Schwierigkeit, dass insbesondere hinsichtlich negativer Ergebnisse unter CPM viele Arbeiten älteren Datums immer wieder zitiert wurden. Diese „Klassiker“ wurden daher ebenfalls in diese Analyse miteinbezogen. Letztendlich lagen zur eingehenden Bewertung 52 klinische Arbeiten vor, die in der primären Diskussion eingehend analysiert wurden. Zur CPM-Therapie nach Kniegelenkseingriffen konnten insgesamt 37 Arbeiten ausgewertet werden (■ Tabelle 1)

Die große Schwierigkeit besteht darin, unterschiedliche Protokolldesigns miteinander zu vergleichen. Es gibt keine Standards hinsichtlich der Beugewinkel oder der Steigerungsrate, auch wurde die CPM zu völlig unterschiedlichen Zeiten begonnen. Neuere Studien vergleichen nicht CPM mit Immobilisation, sondern mit unterschiedlichen physiotherapeutischen Protokollen zur Nachbehandlung.

Trotz dieser starken Inhomogenitäten erfolgte eine kritische Beurteilung dieser Studien. Nach Indikationsgebieten geordnet für die Kniegelenkschirurgie erfolgte eine Zusammenstellung und Diskussion der Studienergebnisse mit den Zielkriterien hinsichtlich:

- Bewegungsumfang (zu unterschiedlichen Zeiten),
- Schwellung,
- Dauer des Krankenhausaufenthalts,
- Analgetikaverbrauch,
- Kostenanalysen,
- postoperative Manipulationen,
- Wundheilungsstörungen
- thromboembolische Komplikationen.

Ergebnisse: CPM nach Kniegelenk-ersatz und anderen Eingriffen am Knie

Beweglichkeit

Wiedererlangung ausreichender Beweglichkeit ist Ziel jedes gelenkchirurgischen Eingriffs. Frühzeitige medikomechanische Unterstützung nach Operationen ist dabei eine ursprüngliche Anwendung von CPM.

In den ausgewerteten Studien sind 18 vorrangig mit dem Thema der Funktionsbeeinflussung durch CPM befasst. Bei 8 dieser Arbeiten finden sich keine eindeutigen Unterschiede (Engström 1995, Romnes 1988, Vince 1987; [2, 4, 6, 19, 20]). Von den 4 prospektiven Studien sind 2 randomisiert, die anderen 4 Studien sind retrospektiv.

Anwendungsbeginn und Dauer der CPM-Behandlung ist jeweils unterschiedlich. Teilweise wird CPM gegen eine besondere Form von physikalischer Therapie untersucht, teilweise gegen Immobilisation. Die Untersuchungen beziehen sich auf Knieendoprothesen und in einem Fall auf Kreuzbandersatz. Prothesentypen und Nachbehandlungskonzepte sind immer unterschiedlich.

Die Analyse von 2 Arbeiten soll hier zeigen, wie widersprüchlich die Ergebnisse zu beurteilen sind.

Engström (1995) vergleicht prospektiv randomisiert 2 Gruppen von je 17 Patienten nach vorderem Kreuzbandersatz mit aktiver Bewegung und CPM. Er findet keinen Unterschied. Der Anteil akuter Verletzungen in der aktiven Gruppe ist aber 3-mal häufiger. Das Schema der Nachbehandlung wird nicht mitgeteilt, lediglich die Häufigkeit der CPM-Anwendung.

Maloney [19] untersucht CPM gegen Immobilisation. Trotz eindeutig früherer

Tabelle1

Literaturübersicht zur „continuous passive motion“ (CPM) nach Knieeingriffen

Autor	Jahr	Studiendesign	Ergebnis	Kritik
Alfredson	1999	Prospektiv, nicht randomisiert nach Periostransplantationen bei Knorpeldefekten (38 Patienten CPM, 19 Patienten nur aktive Mobilisation; ab 1. postoperativem Tag 0–70° 6-mal täglich 1 h	5 Biopsien der CPM-Gruppe: 5 hyaliner Knorpel, Kontrollgruppe 3 Biopsien, 1× hyaliner Knorpel, 2× fibröses Gewebe. Klinische Beurteilung nach Briggberg-Symptom-Score: 76% exzellent/gut bei CPM zu 53% in der aktiven Bewegungsgruppe	Keine Aussagen über die Auswahl der Biopsiekie
Benedikt	1997	Prospektiv, randomisiert an 100 Patienten nach Knieendoprothese, CPM postoperativ 50–100° (51 Patienten), Physiotherapie (49 Patienten). Ab 4. Tag Mobilisation, vorher isometrische Übungen	CPM ohne Manipulationen, Kontrollgruppe 5, Beugung am 20. Tag CPM 92,86° zu 82,49°, nicht signifikant höherer Schmerzwertunter CPM	Keine Angaben zur Verblindung, Schmerzskala leider nicht bei allen Patienten angewandt
Beauppre	2001	Randomisiert, kontrolliert, „single-blinded“. I: CPM + Standardübungen, II: Standardübungen + Slider Board, III: nur Standardübungen	Kein Unterschied bei ROM	Postoperativ Jones-Bandage bis 2. postoperativen Tag, Studie startet erst ab 3. postoperativem Tag. Durchschnittlich nur 1,7 h statt geplanter 3×2 h CPM/Tag 0–30°
Chiarello	1997	1 Chirurg 50%, Rest auf 6 Chirurgen verteilt (präoperativ ROM bei 35) mit unterschiedlichen Techniken: I Kontrolle, II CPM 3–5, III 45 Patienten, 15 Physiotherapie. 10–12 h	Signifikant besserer Wert hinsichtlich der aktiven Flexion	CPM erst 1–3 Tage nach Operation, zu spät, zu viele Untersucher. Nach Kniegelenkprothesen CPM-Dauer? Steigerung der Gradzahl?
Engström	1995	Prospektiv, randomisiert nach Kreuzbandruptur und arthroskopischer Rekonstruktion; 17 Patienten CPM, 17 Patienten frühzeitige aktive Bewegung	Kein signifikanter Unterschied bei ROM	Inhomogene Verteilung, 3× häufiger akute Fälle bei aktiver Bewegungsgruppe, keine genauen Angaben über Zeit der aktiven Bewegung. Keine Angaben über Verblindung
Gaspar	1997	Nach vorderer Kreuzbandruptur 28 Patienten CPM (täglich 6 h), 13 Patienten Kontrolle	ROM bei CPM-Gruppe 7,7–68,6°, Kontrollgruppe 15,8°–73,8°; Krankenhausentlassung in beiden Gruppen nach 6,2 Tagen	Keine Probleme mit dem Bandersatz und CPM, frühere Beugung resultierte nicht in früherer Entlassung
Johnson	1992	Prospektiv, kontrolliert, randomisiert; CMP vs. Immobilisation nach Kniegelenkersatz: 52 (immobil) vs. 50 (CMP) vs. 59 (verändertes CMP), transkutane Messung des Sauerstoffdrucks, Beginn 1. postoperativer Tag, 0–40°	Verbesserte Beweglichkeit nach 7 Tagen 64° bzw. 71° (CPM) zu 55° bei Ruhigstellung. Keine Erhöhung der Wundheilungsstörungen, Keine tiefen Wundinfektionen. Oberflächliche Infektionen CPM 5% vs. Immobilisation 10%, Geschwindigkeit ohne Einfluss auf Sauerstoffversorgung, Krankenhausaufenthalt 15 vs. 21 Tage	Exakte Festlegung einer Wundheilungsstörung
Jordan	1995	100 geblindet, prospektiv (nicht randomisiert) Kniegelenkprothesen, Operation + 1 Tag immobil, CPM: 70–100°, zementfreie Prothesen	Alle Wunden primär geheilt, signifikant ist nur frühzeitige bessere Flexion. Nach 1 Jahr 120° Beugung (CPM) zu 111° Kontrolle, frühere Krankenhausentlassung CPM 7,6 zu 9,7 Tagen	Dauer der Motorschienenanwendung nicht genannt. Nicht randomisiert
Kumar	1996	Randomisiert, prospektiv; 83 Knie mit Osteoarthritis davon 37 frühe passive Flexion („drop and dangle“). Ab Aufwachraum 0–90° ca. 10 h/Tag, Kompressionsverband für 36 h (CPM); loser Wundverband bei „drop and dangle“	11 Knie mit erhöhter Wunddrainage bei CPM, 3 Knie bei „drop and dangle“, 3× Häma-tombehandlung bei CPM, 1 Embolie bei d&d und eine geschlossene Manipulation	Postoperative Beurteilung erfolgte nicht verblindet durch Physiotherapeuten. Präoperative ROM bei CPM 104,2 vs. 108,1 bei d&d. Bei d&d wurde Wunde in 90° Beugung geschlossen – Auswirkungen? Keine Angaben über Dauer der Krankengymnastik und über die Förderung der Wunddrainage

Tabelle1 (Fortsetzung)

Literaturübersicht zur „continuous passive motion“ (CPM) nach Knieeingriffen

Autor	Jahr	Studiendesign	Ergebnis	Kritik
Lau	2001	Prospektiv, randomisiert; 60 Knieprothesen mit CPM vs. Immobilisation (7 Tage lang), alle zementiert, postoperativ 0–60° dann nach Schmerzen (23 h/Tag)	Deutlich bessere ROM bis Tag 7 (bei 2 Knien bis Tag 28); nach 4 Wochen kein Unterschied mehr	Keine präoperativen Werte, nicht verblindet
Lotke	1991	Prospektiv, randomisiert, 121 Patienten, 2 Gruppen mit 3-tägiger Immobilisation, 2 Gruppen mit CPM. Unterschiedliche Methoden der Hämostase	Höhere Blutverluste in der CPM-Gruppe, insbesondere nach intraoperativem Lösen des Tourniquets	Randomisierung nach krankenhausinterner Nummerierung, keine Angaben zur Verteilung der 28 Patienten mit Wundheilungsstörungen
Lynch	1988	Nach Kniegelenkersatz, randomisiert, prospektiv, 75 CPM (postoperativ 10 h/Tag 0–30°, dann 10°/Tag) vs. keine CPM	Weniger Embolien in der CPM-Gruppe, bei beiden Gruppen 10 Tage Krankenhausaufenthalt	Immer gleicher Radiologe. Geblindet aber evtl. systematischer Fehler, zementierte Prothesen zeigen unabhängig von der Behandlung höhere Thrombozeraten; höhere Thrombozerate bei zementierten Prothesen (49:32 CPM/Kontrolle). Nur Aspirin, keine Heparin-gabe
McCarthy	1993	Kreuzband, ACL-Rekonstruktion (arthroskopisch); prospektiv, randomisiert, CPM vs. keine CPM, CPM unmittelbar postoperativ 0–60° dann 15 Zyklen/h später bis 90°, 16 h/Tag für 3 postoperative Tage, ab 1. postoperativem Tag Krankengymnastik	Deutlich weniger Schmerzmittelverbrauch (Pumpe + Tabletten), graphische Schmerzskala 24 h postoperativ. 36% Pumpe seltener gedrückt, weniger orale Schmerzmedikamente 51%	Akute inflammatorische Phase in der Zeit 3.–4. postoperativer Tag; subjektives Schmerzempfinden war nicht statistisch signifikant verändert
MacDonald	2000	Prospektiv, randomisiert, 120 Patienten mit Kniegelenksprothese, I: ohne CPM, II: CPM 0–50° dann wie toleriert, III: 70–110°	CPM nach Aufwachraum für max. 24 h, dann alle identische Physiotherapie, Präoperativ, nach 6 Wo., 12 Wo., 26 Wo., 52 Wo.: keine statistischen Unterschiede zu Analgetika, ROM, Krankenhausaufenthalt	CPM zu kurz, keine sichere Aussage über fehlende Effizienz, wenn nur 1 Tag CPM eingesetzt wird
Maloney	1990	Retrospektive Studie Knieprothese, Kontrollgruppe 95 Prothesen (77–82 Jahre; 73 Patienten) ohne CPM, Studiengruppe 51 Prothesen (38 Patienten) mit CPM (82–84), Krankenhausverweildauer 11,2 Tage (mit CPM), 15,1 Tage (ohne CPM), 45 Patienten unmittelbar postoperativ CPM (59 Knie), Kontrollgruppe war 4–6 Tage immobilisiert	CPM macht zunächst größere Blutverluste, diese sistieren aber schneller. Wundinfektionen. Komplikationen 12% bei CPM vs. 2% Kontrollgruppe (Kontrolle: 2× Hämatom und oberflächliche Entzündung; CPM: 3× oberflächliche + 3× Spätinfektion, 6 akute Infektionen, 1× Prothese entfernt, 2 Hämatome, 1 persistierende Drainage). Kulturen mit Staph. aureus, Staph. epidermidis, zementierte Prothesen, kontinuierliche CPM, Kontrolle: 4 Embolien vs. 0 bei CPM	Unterschiedliche Zeiträume, Operateure? Methoden gleich? (Prothesen zementiert perioperative Antibiotikaphylaxe?), CPM erst ab 2. postoperativem Tag, zunächst nur 0–30° Steigerung durch Physiotherapeuten, dann individuell gesteigert. ROM wird am Entlassungstag beurteilt, das ist aber bei CPM 4 Tage früher
McInnes	1992	Prospektiv, randomisiert, verblindet an 93 Patienten. CPM max. 24 h postoperativ begonnen verglichen mit normaler Krankengymnastik	Beugung mit 82° CPM zu 75° Kontrolle am 7. Tag signifikant besser. Deutlich geringere Schwellung (1,02 cm) als Kontrollgruppe, CPM ohne Manipulation, Kontrollgruppe 8, Krankenhausaufenthalt 10,1 Tage CPM zu 10,3 Tage Kontrolle. Visuelle Analogskala bezüglich Schmerzen: CPM 0,38 zu 0,45 Kontrolle; Analgetika und Tranquilizer annähernd gleich	
Montgomery	1996	Prospektiv, randomisiert, Knieprothesen (68) unzementiert, ab 1. postoperativen Tag CPM 3-mal tägl. 3 h/Tag bis zur Schmerzgrenze, Physiotherapie 2-mal tägl. 30 min (5 Tage)	Schwellung signifikant geringer bei CPM, Liegedauer 9 zu 10 Tage (Kontrolle), 70° Beugung nach 5 Tagen erreicht, Kontrollgruppe erst nach 7 Tagen	CPM-Einstellung nach Schmerzangabe, nicht genau definiert

Tabelle1 (Fortsetzung)

Literaturübersicht zur „continuous passive motion“ (CPM) nach Knieeingriffen

Autor	Jahr	Studiendesign	Ergebnis	Kritik
Neusel	1991	Anwendungsbeobachtungen, retrospektiv 512 Knieeingriffe	Nach Binnentrauma Synovektomien, Kniegelenksarthrosen, Kreuzbandplastiken + TEP. Deutlich Verbesserung ROM, Schmerz- linderung nach Synovektomien. Bewegungs- verbesserung auf Kosten einer aktiven muskulären Stabilisierung: Krankengym- nastik unerlässlich	Umfangreicher Erfahrungsbericht zu vielen verschiedenen Indikationen, mögliche Grundlage für weitergehen- de prospektive Studien
Noyes	1987	Prospektiv, randomisiert, nach arthroskopi- scher vorderer Kreuzbandrekonstruktion (18 Patienten), 9 Patienten: CPM tägl. ab 2. postoperativem Tag, 9 Patienten: CPM erst ab 7. postoperativem Tag, immobilisiert für 2 Tage	Viele unterschiedliche Variablen, postopera- tiv keine vermehrte Schwellung + Hämatom, keine statistischen Unterschiede in Exten- sion/Flexion, viele andere Variablen getestet; CPM 0–90° nicht signifikant (bei nur 18 Patienten). Aber Tendenz zu besserer ROM bei 1. Gruppe	CPM zu spät begonnen trotz Über- sichtsarbeit aus 1992, wo Autor auf frühzeitige CPM verweist (im Aufwach- raum). Studie sollte im damaligen Kon- text nachweisen, dass keine vermehrte Schwellung zu erwarten war bei Liga- mentchirurgie; offene Chirurgie mit schlechter ROM
Pope	1997	Prospektive, randomisiert, nach Knieprothe- sen: I (19x) keine CPM, II: 0–40° (18x), III: 0–70° (20x) 20 h/Tag CPM für 48 h; Unter- suchung präoperativ, nach 1 Woche, nach 1 Jahr	Nach 1 Woche 0–70° deutlich bessere Flexion. Nach 1 Jahr keine signifikanten Unterschiede, CPM mit erhöhtem Analgesie- bedarf, erhöhte Drainage bei 0–70°: 1558 ml zu 1017 ml (0–40°) und 956 ml (Kontrolle), Morphinverbrauch: 48,1 mg (Kontrolle), CPM 0–40° 72,6 mg, CPM 0–70° 81,5 mg	Blutung ohne Angabe, ob Drainage unter ständigem Vakuum. Ungleiche Verteilung zementierte und zement- lose Prothesen: ohne CPM (7x zement- iert/12 zementlos), CPM 0°–40° (2x zementiert/16 zementlos), CPM 0°–70° (3x zementiert/17 zementlos), Unter- schiedliche Operateure/Zentren. Nur sehr kurze Zeit (48 h). Bei Manipulation- en werden auch Patelladislokationen der CPM-Gruppe mit aufgeführt
Ritter	1989	Prospektiv, vergleichend, 50 Patienten gleich- zeitig beide Knie operiert: Gelenkersatz. In den ersten 24 h beide Knie immobilisiert, nur isometrische Übungen, ab 2. postopera- tivem Tag ca. 20 h CPM	Deutlicher Schwellungsrückgang, insgesamt schwächere Muskulatur. Nach 7 Tagen 78° Beugung zu 72° (ohne CPM), 1 Woche nach Entlassung fast identisch 87° zu 85°	Autor bemängelt hohen Kostenauf- wand und Zeitfaktor. Erst ab 2. post- operativem Tag nach morgendlicher Visite evtl. erst 40–48 h nach Eingriff. Motorschienen in 15–20° Abduktion da 2. Bein auch operiert. Autoren weisen auf häufig verrutschte Motorschienen hin (nicht korrekt gelagert)
Rodrigo	1994	Arthroskopien am Knie bei Knorpelschaden; retrospektiv; 77 Patienten, 46 CPM für 8 Wochen postoperativ, Kontrollarthroskopie	Klinisch signifikante Überlegenheit bei Second-look-Arthroskopie hinsichtlich Knorpelverhältnisse. Nur 15% der CPM- Gruppe ohne Verbesserung der Knorpel- verhältnisse zu 45% der Kontrolle	Grading score ist sicherlich sehr subjek- tiv aber statistisch signifikant. 45% ohne CPM mit freiem Knochen ohne Knorpelüberzug, Gruppen inhomogen: Alter, Läsionen etc. Abbruch oft vor 8 Wochen
Romness	1988	Retrospektive Untersuchung bei 94 Knien CPM, 116 Knie nur krankengymnastische Nachbehandlung, CPM ab Aufwachraum 0–30° tgl. 10–20° gesteigert	Bei Entlassung signifikant bessere Beugung bei CPM: 90,2° zu 87,7° in der Kontrollgruppe, Wunddrainage 630 ml (CPM) zu 499 ml, Hämoglobinwert präoperativ sowie bei Entlassung in beiden Gruppen nicht signifi- kant unterschiedlich. Manipulation 1,1% CPM zu 4,3% Kontrolle. 15,1 Krankenhaus- tage CPM-Gruppe zu 16,1 Tage Kontrolle	Keine Angaben zu Verblindung oder Randomisierung
Rorabeck	2000	Prospektiv, randomisiert, Knieprothesen, I: kein CPM, II: 0–50°, dann gesteigert, III: CPM 70–110°, CPM postoperativ im Aufwachraum für 24 h, 6 Wo./12 Wo./26Wo./ 52Wo.	Keine statistischen Unterschiede	CPM nur 1 Tag! Daher keine signifikant- en Unterschiede zu erwarten

Tabelle1 (Fortsetzung)

Literaturübersicht zur „continuous passive motion“ (CPM) nach Knieeingriffen

Autor	Jahr	Studiendesign	Ergebnis	Kritik
Ververeli	1995	Prospektiv, nicht randomisiert, 103 Knieprothesen (bei Osteoarthritis), CPM vs. physikalische Therapie. Die ersten 51 Patienten CPM ab Aufwachraum, 0–30° dann tägl. 10° mehr 20 h/Tag	Kniemanipulationen bei weniger als 50% Beugung (5× Kontrollgruppe), keine Manipulation bei CPM. Bessere Flexion 81,3° CPM (zu 71,2°) und geringere Streckung, keine bessere Analgesie, keine höheren Wundheilungsstörungen. CPM-Gruppe mit 1 Lungenembolie, Kontrollgruppe 2 Lungenembolien, 12,1 Tage Krankenhausaufenthalt CPM zu 12,0 Tage Kontrolle. Visuelle Analogskala zur Schmerzbeurteilung 45,2 CPM, Kontrollgruppe 42,2	Keine genauen Angaben über Entlassungskriterien. Von den 5 Manipulationen der Kontrollgruppe mussten 2 Patienten am 21. bzw. 40. Tag erneut aufgenommen werden
Vince	1987	Prospektiv, randomisiert; Kontrolle: 20 Patienten mit 2-tägiger Bettruhe vs. 42 Patienten CPM ab Aufwachraum 0–30°, 20 h/Tag	90° Beugung durchschnittlich 4 Tage früher erreicht, weniger Manipulationen in der CPM-Gruppe, 75% Thrombosen/Wade (Kontrollgruppe) zu 45% CPM-Gruppe, Krankenhausaufenthalt 15,3 Tage CPM zu 16,7 Tage Kontrolle	Autoren vergleichen ROM nur bei Entlassung. Angaben zu Verblindung und Dauer der CPM-Behandlung fehlen
Walker	1991	Postoperativ nach Knieprothese: 1) CPM 22 randomisiert: 12 mit, 10 ohne, 2) CPM + TENS 48, davon 18 ipsilat., 18 subthreshold, 12 no TENS (alle CPM), 3) Kühlung	1) weniger Schmerzmedikation (EAD: „equal analgesic dose“) 96 (CPM) zu 148 (Kontrolle), 2) keine statistisch signifikanten Unterschiede, 3) weniger orale Medikation mit Kühlung, Krankenhausaufenthalt 9,9 Tage CPM zu 10,9 Tage Kontrolle	Sehr kleine Studiengruppen
Wasilewski	1990	91 Kniegelenke, ab Aufwachraum 0–60°, Kontrolle mit 3-tägiger Ruhigstellung	Am Entlassungstag bei CPM 91° Beugung (zu 81° Kontrollgruppe), schneller 90° Flexion erreicht, weniger thromboembolische Komplikationen, weniger Analgetika. 1 größere Wundkomplikation, 8 kleinere Wundprobleme (CPM), Kontrollgruppe mit 5 größeren und 5 kleineren Wundheilungsstörungen, 1 Manipulation bei Kontrolle, 0 in der CPM-Gruppe. Je Gruppe 1 Lungenembolie, tiefe Venenthrombose bei 4% der Kontroll- und 1 Patient der CPM-Gruppe. Krankenhausaufenthalt 17,5 zu 19,6 Tagen (Kontrolle), 2,3 Injektionen Schmerzmittel i.m. der Kontrolle zu 1,5 Injektionen CPM	Sehr genaue Definition von Wundheilungsstörungen. Dosis der Schmerzmedikation wird nicht genau benannt
Whitherow	1993	216 Patienten vorderes Kreuzband, gleicher Chirurg, jeweils 108 mit vs. ohne CPM, Toronto-Schiene 0–60° 24 h	CPM mehr Blutverlust (233,7 zu 187,1 ml), weniger Analgetika, kürzere Verweildauer. Nach 6 Monaten kein statistisch signifikanter Unterschied. Krankenhausaufenthalt 2,4 Tage (CPM) zu 2,9 Tagen (Kontrolle)	Die 2. Untersuchungsgruppe ohne CPM wurde vom gleichen Chirurgen operiert. Ein systematischer Fehler aufgrund der zu erwartenden Lernkurve ist nicht auszuschließen
Worland	1998	Randomisiert, prospektiv, Knieprothesen + Kosten, Postoperativ alle Physiotherapie, CMP 60° tägl. 15° bis 90°, 4–6-mal täglich 2 h; 2× tägl. Physiotherapie, CPM 3 h tägl. für 10 Tage, Physiotherapie 3× wöchentlich 1 h	Nach 2 Wo./3 Mon./6 Mon. Kontrolle (leichte Flexion bei CPM), alle Patienten 1 Untersucher – blindet – keine signifikanten Unterschiede	Postoperativ identische Behandlung, erst nach Entlassung 2 Behandlungsarme CPM vs. Physiotherapie. Keine Unterschiede der ROM, aber kostengünstiger
Yashar	1997	Randomisiert, prospektiv verblindet, Knieprothesen; CPM 70–100° (ab Aufwachraum) vs. CPM 0–30°; 210 Knie, 2 Zentren	Nach 4 Wochen keine statistische Signifikanz, aber deutliche Vorteile am 3. postoperativen Tag; in Gruppe I 1× Wundnekrose bei engem Verband	Autoren betonen, dass die Wundnekrose auf den Verband und wohl nicht auf das CPM-Protokoll zurückzuführen ist

Krankenhausentlassung (11,2 zu 15,1 Tage) waren die ROM-Werte unter CPM zu keinem Zeitpunkt besser. Dabei zeigt sich jedoch, dass die Messung in der CPM-Gruppe 4 Tage früher erfolgte. Zu diesem Zeitpunkt lag eine signifikant bessere Flexion vor, die letztlich die frühere Entlassung möglich machte.

Deutlich bessere Ergebnisse der Beweglichkeit unter CPM-Behandlung berichten 9 Autoren (Aubriot 1993, Johnson 1990; [3, 8, 13, 15, 21, 26, 28]). Frühzeitiger Beginn der Motorschienenbehandlung und differenzierte Einstellung der Bewegungsausschläge führen zu eindeutig frühem und ausgeprägtem Funktionsgewinn der Gelenke. Neben vergleichbaren Studiendesigns handelt es sich hier um größere Kollektive, die randomisiert oder prospektiv kontrolliert sind.

Bewertung des Einflusses von CPM auf die Beweglichkeit

Nach dieser Durchsicht der Literatur zu CPM ist relativ sicher zu belegen, dass bezüglich der Beweglichkeit bei ausreichender Einstellung der Motorschiene, genügend langer Übungszeit täglich und frühem postoperativen Beginn eine bessere Funktion am operierten Kniegelenk zu erreichen ist. Auch dem Vergleich aktiver Krankengymnastik hält das Verfahren Stand. Bewegungsmaße von 75° bzw. 90° sind für einen normalen Gang bzw. Treppensteigen zu fordern.

— Dieses frühere Erreichen einer bestimmten Funktion und die damit frühere Rehabilitation schlägt sich naturgemäß in einer geringeren Krankenhausverweildauer nieder.

Einige Studien zeigen darüber hinaus allerdings verbleibende Streckdefizite. Daher sind derzeitige Behandlungsabläufe bereits modifiziert, indem zusätzliche aktive Quadrizepsübungen durchgeführt werden. Überhaupt wird immer neben der CPM-Therapie die unbedingte Notwendigkeit einer aktiven krankengymnastischen Therapie betont.

Während kurzfristig also die CPM-Behandlung zu einer früheren und besseren Flexion führt, zeigen die Mehrzahl der Studien nach Monaten oder Jahren keine signifikant besseren Spätergebnisse. Dies

lässt sich damit erklären, dass die aktuellen Therapiedaten in der Literatur wie Dauer der Behandlung und Einstellung der Bewegungsmaße hinsichtlich der Ergebnisse nicht verwertbar sind, da es sich um ein vollkommen inhomogenes Datenmaterial handelt.

Die eingestellten Beugewinkel differieren von 0–30 und täglicher Steigerung je nach subjektiver Toleranz über 70–100°. Es wurde ab Aufwachraum fast durchgehend geübt, oder aber auch erst ab 3. postoperativem Tag. Ebenso unterschiedlich ist die Übungsdauer, die bei max. 24 h liegen kann, oder aber über Wochen reicht, dann aber evtl. nicht einmal 2 h täglich.

Die Spätergebnisse sind hinsichtlich Flexion aber auch Streckdefizit meist nicht mehr signifikant unterschiedlich. Hier von abweichend ist die prospektive Studie von Jordan an 100 Knieprothesen [13]. Hier war ab Aufwachraum mit 70–100° behandelt worden, die Einstellung wurde bis zum 2. postoperativen Tag auf 0–100° erhöht. Dieser aggressive Therapienansatz sollte in der Studie von Chiarello überprüft werden [4], wurde aber aufgrund mangelnder Patientencompliance nicht erreicht.

Ein weiterer Aspekt könnte eine Aufschlüsselung hinsichtlich der zugrunde liegenden Erkrankung bilden, denn Johnson beschrieb auch nach einem Jahr eine klinisch signifikant bessere Beugung bei den Osteoarthrosepatienten [12]. In der gesamten Studienpopulation war hingegen kein signifikanter Unterschied gesehen worden.

Blutungsneigung

Unmittelbare postoperative passive Bewegung wird in Bezug auf Nachblutung, Hämatomentwicklung und Drainageförderung ebenfalls kontrovers dargestellt. Verhaltene Anwendung erfolgt dort, wo das Risiko auf Nachblutung als relevant angesehen wird. Sofortige CPM-Behandlung wird aber auch als Mittel gesehen, die Förderleistung der Wunddrainagen zu verbessern und das Wundhämatom zu beseitigen.

Hinsichtlich möglicher erhöhter Blutungsraten gibt es daher widersprüchliche Ergebnisse in der Literatur, wobei sich 9 Autoren speziell mit dieser Fragestel-

lung beschäftigen (Aubriot 1993, Romnes 1988; [6, 14, 19, 22, 26, 29, 30]).

Kein signifikanter Unterschied wird von 5 Autoren beschrieben [6, 19, 26, 30], 4 sehen eine vermehrte Blutungsneigung (Romnes 1988; [14, 22, 29]) und Aubriot (1993) berichtet über einen geringeren Blutverlust.

Auch hier gilt es wieder die verschiedenen angelegten Studiendesigns zu berücksichtigen. Bei den Untersuchungen wurde z. B. mit unterschiedlichen Beugewinkeln bei CPM gegen nicht näher quantifizierte Physiotherapie gearbeitet. Bei den Knieendoprothesen wird nicht zwischen zementierten und zementfreien Implantaten unterschieden, es werden postoperativ Kompressionsverbände angelegt ohne Hinweis wie dabei die CPM-Behandlung erfolgte.

Dennoch lassen auch hier die unterschiedlichen Studien eine Quintessenz erkennen.

Bewertung der Blutungsneigung bei CPM

Unter der Motorschienenbehandlung kommt es bei Knieendoprothesen postoperativ bei intensiver Beübung in der Frühphase zu höheren Drainagemengen, anscheinend aber auch zu schnellerem Sistieren von Blutungen [19]. Unterschiedliche Ergebnisse lassen sich aber auch mit den verwendeten Prothesenmodellen erklären.

In einer Untersuchung von Lotke [17] konnten statistisch signifikant höhere Blutverluste bei unzementierten Prothesen und bei frühzeitigem Ablassen des intraoperativ angelegten Tourniquets nachgewiesen werden. Unter Berücksichtigung der tierexperimentellen Arbeiten ist eine vermehrte Drainagemenge zu erwarten, da ein mögliches Hämarthros durch CPM schneller und effektiver ausgetrieben wird.

Grundsätzlich werden in vielen Arbeiten unterschiedliche Zentren oder aber auch unterschiedliche Operationsmethoden miteinander verglichen. Leider fehlen oftmals genaue Angaben zur Methodik – z. B. Anlage eines Tourniquets. Die einzelnen Studiengruppen sind außerdem inhomogen bezüglich des Anteils zementierter und unzementierter Prothesen. Andererseits ist auch ein systematischer Fehler aufgrund eines besseren Trainings des Operateurs nicht auszuschließen.

ßen, wie in der Studie von Whitherow [29]. Dort wurde zunächst bei den ersten 108 Patienten CPM verordnet, die nächsten 108 Patienten der 2. Gruppe erhielten keine Motorschiene.

Sehr unterschiedlich ist auch die Berücksichtigung und unterschiedliche Handhabung der Antikoagulation zur Thromboseprophylaxe. Somit lässt sich weder eine Tendenz feststellen noch eine richtunggebende Aussage treffen.

Wundheilungsstörungen

Die besonders in der Frühphase von CPM bei der klinischen Anwendung beschriebenen Wundheilungsstörungen in Form von Wundnekrosen sind eindeutig auf einen die Zirkulation behindernden trockenen Verband mit nachfolgender Drucknekrose zurückzuführen.

Geringere Wundheilungsstörungen beschrieb Wasilewski [28] als kleinere Hämatome, nicht septische Wunddrainage oder leichte Nahtdehiszenzen. Größere Wundprobleme wurden angegeben, wenn die postoperative Physiotherapie abgesetzt werden musste, eine perioperative Prophylaxe um mehr als 48 h fortgeführt werden musste und/oder eine neuerliche Operation, z. B. ein Wunddebridement, erfolgen musste.

Keinen Einfluss auf die Wundheilung hatte CPM in den Studien von Johnson (1990), Jordan 1992, Küsswetter 1991, Lotke [17], McInnes [21] und Ververeli [26].

Gleiches gilt für die unsachgemäße Lagerung ohne Abpolsterung, die zu Paralyse der oberflächlich verlaufenden Nerven, insbesondere des N. peroneus führte (Küsswetter 1987, James 1987). Vier Autoren erwähnen noch diese Komplikationen (Diehm 1989, van Royen 1986, Goletz 1986, Maloney [19]), die aber nur bei den ersten Behandlungsfällen auftraten. Neuere Arbeiten messen diesen Aspekten keinerlei Bedeutung mehr zu, da es sich eindeutig um Behandlungsfehler, nicht aber ein aber um ein grundsätzliches Problem der CPM-Therapie handelt.

Ergebnisse Wundheilungsstörung

Im kritischen Überblick scheint die Definition von Wundheilungsstörungen die wohl verständlichste Erklärung der widersprüchlichen Ergebnisse zu bieten.

Während vorsichtige Untersucher bereits eine leichte Rötung im Wundbereich als mögliche Infektion mit Gefährdung des Implantats einordnen, kommt es in anderen Studien bei Differenzierung in kleinere und größere Wundheilungsstörungen nicht zu einer Änderung des Nachbehandlungsschemas, was auch retrospektiv zu keinen Komplikationen führte.

Insgesamt betrachtet hat bezüglich Wundheilungsstörungen hier mit 9 Fällen in der CPM-Gruppe gegenüber 10 Fällen in der Kontrolle kein Unterschied zwischen den Untersuchungsgruppen bestanden. Bei Motorschienenbehandlung wurden allerdings mit 8 nicht bedeutenden Wundinfektionen zu 5 Infektionen in der Kontrollgruppe signifikant mehr kleinere Infektionen gesehen, die aber keinerlei Einfluss auf das weitere Behandlungsregime hatten – sie wurden beobachtet, hinsichtlich der Therapie jedoch ignoriert.

➤ In den Behandlungsgruppen scheint die Rate an Wundrevisionen geringer zu sein

Es scheint eine Tendenz zu mehr oberflächlichen, klinisch unbedeutenden Wundstörungen im Sinne von Wundreizungen zu geben, die insbesondere bei hochfrequenter CPM-Behandlung und hohen Beugungswinkeln auftreten. Gleichzeitig scheint aber in diesen Behandlungsgruppen die Rate an Wundrevisionen geringer zu sein – eine Hypothese die in weiteren prospektiven randomisierten und verblindeten Studien zu überprüfen wäre.

Narkosemobilisationen nach Kniegelenkersatz

Arthrofibrose nach Kniegelenkersatz gehört zu den wesentlichen Problemen der inadäquaten Frühmobilisation nach der Operation. Daher sehen verschiedene Operateure die grundsätzliche Indikation, eine Knieendoprothese in der 3. postoperativen Woche in Narkose zu mobilisieren, bevor der Patient entlassen wird. Ob CPM dies verhindern kann, ist in unterschiedlichen Methoden und Fragestellungen in 7 Arbeiten nachgegangen worden. Hier fällt auf, dass 6 Autoren (Coutts

1986, Romnes 1988; [21, 22, 26, 28]) eindeutig weniger oder nicht notwendige Mobilisationen berichten als in ihren Vergleichsgruppen.

Ergebnisse Kniemobilisation

Dennoch darf die frühzeitig bessere Flexion unter CPM sowie der geringere Bedarf an Narkosemobilisationen als gesichert gelten. Die häufig zitierte Arbeit von Chiarello aus dem Jahre 1997 ist wegen des verspäteten Beginns der CPM-Behandlung nicht sicher auszuwerten [4].

Die weitere häufig zitierte Arbeit von Pope et al. [22] ebenfalls aus dem Jahre 1997 verzeichnet aufgrund einer Fehlinterpretation deutlich höhere Manipulationsraten in der CPM-Gruppe. Fälschlicherweise werden 2 operative Interventionen wegen einer Patellaluxation unter der Rubrik Mobilisationen mit diskutiert.

Eine Mobilisation nach Gelenkersatz wird allerdings immer unter dem Aspekt eines ungenügenden Fortschritts in der postoperativen Kniebeweglichkeit gesehen. CPM erreicht aber, dass im Vergleich zu alleiniger Krankengymnastik deutlich weniger Mobilisationen erforderlich sind.

Thromboembolische Komplikationen

Eine der bedeutsamsten Fragen an die Methode ist der Einfluss auf die tiefe Beinvenenthrombose nach Eingriffen an der unteren Extremität. Diese Fragestellung wird auch hier von 7 Autoren sehr unterschiedlich bearbeitet (Lynch 1984/88, Goll 1987, Coutts 1984, Vince 1987; [19, 26, 28]).

Als Indikatoren werden sowohl Lungenperfusionsszintigramme als auch Dopplersonographien oder Phlebographien der tiefen Beinvenen herangezogen. Während 3 Autoren (Lynch 1984/88, Goll 1987; [26]) keine Unterschiede feststellen, berichten die 5 anderen Autoren über weniger Thrombosen und symptomatische Lungenembolien.

Ergebnisse thromboembolische Komplikationen

Coutts konnte in seiner Arbeit aus dem Jahre 1984 einen erhöhten venösen Flow unter der CPM-Behandlung nachweisen.

Hier steht eine Anzeige
This is an advertisement



Springer

Auf den ersten Blick ergibt sich eine Diskrepanz zwischen den zunächst positiven Ergebnissen von Lynch 1984 und der 1988 vom selben Autor publizierten Studie, in der kein Unterschied in der Thromboseinzidenz zwischen CPM und 3-tägiger Ruhigstellung zu sehen ist. Interessant ist aber die auch in dieser Arbeit gesehene signifikant niedrigere Thromboserate bei unzementierten Prothesen. Da in der CPM-Gruppe ein deutlich höherer Anteil an zementierten Prothesen vorlag (49/75) als in der Immobilisationsgruppe (32/75), ist dieser angebliche Widerspruch zu erklären.

In den zuvor besprochenen Arbeiten zeigt sich im Vergleich zur Ruhigstellung eine deutlich geringere Thromboserate, frühzeitige intensive krankengymnastische Beübung senkt ebenfalls das Embolie- und Thromboserisiko, sodass hier die Unterschiede nicht immer statistisch signifikant sind. Die Tendenz zu einer positiven Auswirkung der CPM-Therapie bezüglich einer Senkung des Thromboserisikos ist aber deutlich [5, 18, 24, 25].

Krankenhausverweildauer

Frühere und bessere Funktion eines operierten Gelenks hat auch wesentlichen Einfluss auf die Aufenthaltsdauer im Krankenhaus. Auch dazu haben Autoren einzelner Studien Stellung bezogen. In insgesamt 16 der Publikationen wird dieser Aspekt durchleuchtet (Coutts 1984, Goletz 1986, Johnson 1990, Lynch 1988, Romnes 1988, Vince 1987; [6, 8, 13, 19, 20, 21, 26, 27, 28, 29]).

Sechs Autoren konnten keine Verkürzung der Verweildauer feststellen (Lynch 1988, Romnes 1988; [8, 20, 21, 26]). Dabei zeigt sich, dass zum einen keine Kriterien für den Entlassungszeitpunkt festgelegt wurden, die CPM-Behandlung meist erst am 3. postoperativen Tag begann, die Übungsdauer max. 24 h betrug und die Komplikationen mit in die Verweildauer einfließen. Demgegenüber beschreiben die anderen 10 Studien eine Verkürzung der Aufenthaltsdauer mit CPM-Behandlung, 5 davon eine signifikant kürzere.

Bewertung der Ergebnisse Krankenhausaufenthalt

Leider fehlen auch hinsichtlich der Länge des Krankenhausaufenthalts einheitliche

Kriterien. So bleibt es oft im Ermessen des behandelnden Arztes, wann die Entlassung erfolgt. Es liegen ganz unterschiedliche Überlegungen zugrunde, wenn z. B. eine Entlassung in eine Rehabilitationsklinik oder aber in die häusliche Umgebung erfolgt – nur so sind stark differierende Behandlungszeiten von 2–20 Tagen erklärlich.

Trotz dieser erschwerten Beurteilung zeigt sich ein deutlicher Trend zu einer verkürzten stationären Behandlungszeit unter CPM, auch wenn dies oft nicht statistisch signifikant ist. Hier entstehen Ansprüche an die ökonomischen Vorteile der CPM.

Analgetikaverbrauch

Die Frühmobilisation mit Beseitigung des Hämarthros und der postoperativen Schwellung hat eine positive Einwirkung auf den Gelenkschmerz und damit letztendlich auf den Analgetikaverbrauch. Zehn Arbeiten widmen diesem Thema ein besonderes Interesse (Coutts 1984, McCarthy 1993; [3, 19, 21, 22, 26, 27, 28, 30]).

Dabei registrieren 2 Studien einen vermehrten Analgetikaverbrauch [3, 22], 5 Studien können keine Unterschiede feststellen (Coutts 1984; [9, 21, 26, 30]). Im Wesentlichen sind es immer subjektive Parameter, die zur Datenermittlung herangezogen werden. Meist sind die Studiendesigns so angelegt, dass keine unmittelbare Vergleichbarkeit der Gruppen möglich ist.

2 von 3 Studien, die einen geringeren Analgetikaverbrauch dokumentieren, erscheinen in ihren Aussagen nachvollziehbar und aussagerelevant. McCarthy (1993) ermittelte in einer prospektiv randomisierten Studie nach arthroskopischer Kreuzbandrekonstruktion mittels graphischer Analogskala und anhand des Analgetikaverbrauchs den Unterschied bei identischer Nachbehandlung und zusätzlicher Motorschienenbehandlung. Sowohl über Schmerzpumpe als auch über orale Medikation war der Analgetikaverbrauch in der CPM-Gruppe signifikant niedriger.

Walker [27] verglich bei 2 Gruppen die „equal analgesic dose“ (EAD) und konnte quantitativ einen deutlich verringerten Analgetikaverbrauch messen.

Zusammenfassung zum Analgetikabedarf

Aus den zuvor zitierten Studien kann somit kein abschließendes Urteil gefällt werden. Obgleich zu den Knieprothesen die weitaus meisten Studien vorliegen, ist die Beurteilung einer Beeinflussung der Schmerzen durch CPM nicht abschließend zu beurteilen.

Anders verhält es sich bei der Beurteilung nach Synovektomien. Limbird publizierte 1987 eine Untersuchung an Hämophiliepatienten nach Synovektomien. Er konnte deutlich geringere Schmerzen unter CPM nachweisen. Zum gleichen Ergebnis kommt Breen 1988 bei Untersuchungen nach Operationen bei Ellenbogenkontrakturen und nachfolgender CPM, Cover 1988 nach Verbrennungen der Hand und Bentham 1987 nach Spaltungen der Gelenkkapseln der Hand sowie Kaczander 1991 in einer Studie über insgesamt 100 fußchirurgische Eingriffe. Zu einem ähnlichen Ergebnis kommt auch Connor [7] in einer Untersuchung nach Hallux-valgus-Operationen. Die CPM-Gruppe konnte in statistisch früherer Zeit die Schmerzmedikation einstellen.

Neusel (1991) beschreibt nach Synovektomien in einer Anwendungsbeobachtung von insgesamt 512 (unterschiedlichen) Knieeingriffen eine Schmerzlinderung durch CPM. In einer Arbeit aus dem Jahre 1993 nach arthroskopischer Kreuzbandrekonstruktion beschreibt McCarthy ebenfalls deutlich weniger Verbrauch der Schmerzpumpe sowie der oralen Analgetika. Im Gegensatz hierzu beschreibt Whitherow [29] deutlich mehr Schmerzmittelverbrauch in der CPM-Gruppe in seiner Untersuchung an 108 Patienten.

Es gibt Theorien, die eine Schmerzlinderung aufgrund einer Hemmung der Nozizeptoren durch die Propriozeptoren postulieren, aber eine plausible Erklärung erscheint bei den sehr widersprüchlichen Ergebnissen derzeit nicht möglich.

Einfluss von CPM auf die Knorpelregeneration

„Knorpel liebt die Massage der Bewegung“ ist ein Leitgedanke aus der Hochzeit konservativer Behandlung. Heute wird mit

unterschiedlichen operativen Verfahren bis zur Gewebekultur versucht, Knorpelschäden zu beheben. 3 Studien (Rodrigo 1994, Steadman 1992; [1]) unterstreichen die Notwendigkeit kontinuierlicher passiver Bewegung bei der Behandlung von Knorpeldefekten mit Periosttransplantaten oder Microfracturing.

Bewertung Knorpelveränderungen

Natürgemäß lässt sich ein Follow-up mittels Kontrollarthroskopien und Biopsien bei größeren Studienkollektiven nicht durchsetzen. Man ist also auf ein Datenmaterial angewiesen, das bei notwendigen Folgeeingriffen gewonnen wird. Nach den oben zitierten Ergebnissen ist allerdings ein deutlich positiver Effekt von CPM auf die Gelenke – insbesondere im Langzeit-Follow-up – zu erwarten. Dieses Ergebnis deckt sich vollkommen mit den tierexperimentellen Arbeiten und den dort beschriebenen signifikant besseren Ergebnissen der CPM-Gruppen.

Diskussion

Die Nachbehandlung verletzter oder ersetzter Kniegelenke mit der Motorbewegungsschiene – das Prinzip „continuous passive motion“ CPM – zeigt in den zitierten und analysierten Studien zweifelsfrei eine frühzeitige bessere Flexion. Dies geht mit einer frühzeitigeren Rehabilitationsfähigkeit einher und ermöglicht eine schnellere Entlassung aus der Klinik. Auch die Mobilisationsrate mit erneuter Narkosebedürftigkeit ist eindeutig verringert.

Die Schmerzlinderung bzw. der Analgetikabedarf ist nach Kniegelenksersatz nicht sicher zu beurteilen, da die Ergebnisse zu widersprüchlich sind, was z. T. auf völlig unterschiedliche Beugewinkel zurückzuführen sein dürfte. Nach Synovektomien scheint ein eindeutiger Trend zugunsten von CPM zu bestehen.

Der Blutverlust scheint in der Frühphase unter CPM – insbesondere bei langdauernder Anwendung und stärkerer Beugung – höher zu sein, aber auch schneller zu sistieren. Bei zementierten Prothesen ist insgesamt mit weniger Blutungen zu rechnen.

Die Embolierate ist unter CPM sicherlich geringer, in der überwiegenden

Mehrzahl ist auch eine verringerte Thromboserate beschrieben im Vergleich zur Ruhigstellung. Eine intensive krankengymnastische Nachbetreuung kann in vielen Fällen vermutlich gleiche Resultate aufweisen, was aber mit großem Zeitaufwand und erhöhten Kosten verbunden wäre.

Zum Thema der Knorpelregeneration unter Langzeitbeobachtung gibt es naturgemäß nur wenige Studien. Auch hier zeigen sich die bereits aus den tierexperimentellen Studien Befunde mit deutlich besseren Gelenkbinnenverhältnissen und verbessertem Symptomenscore.

Kritische Literaturbewertung

Die analysierten 36 Arbeiten, die sich mit der Bewertung von CPM mittels Motorschienen nach Kniegelenkeingriffen zum Kniegelenk- oder Kreuzbandersatz beschäftigen, sind nicht miteinander vergleichbar. Die Studienziele sind oft weit gestreut und nie auf ausschließlich einen Parameter ausgerichtet. Besonders ist zu vermerken, dass es offensichtlich kein annähernd einheitliches Nachbehandlungsprinzip in der CPM-Anwendung gibt.

Demgegenüber steht jedoch die klinische Evidenz, basierend auf einer breiten Anwendung von CPM während der stationären Behandlung nach Knieendoprothesenimplantation und Kreuzbandersatz, nach kniegelenknahen Osteosynthesen und anderen Gelenkeingriffen. Der sichtbare subjektive und objektive Nutzen bei der Verbesserung der Beweglichkeit und dem damit verbundenen Muskelaufbau sind für Arzt und Patient evident. Auffallend sind auch die klinischen Erfahrungen mit Patienten, die CPM nach Kniegelenkverletzungen ambulant weiterverwenden und subjektiv deutliche Verbesserung ihrer Beweglichkeit und Gebrauchsfähigkeit der Extremität empfinden.

Insgesamt muss CPM aber heute als notwendige, weil sinnvolle Behandlung am Kniegelenk, sowohl in der Klinik als auch im ambulanten Bereich eingesetzt werden, da eindeutige Behandlungsvorteile zu beobachten sind.

Es muss allerdings betont werden, dass die Behandlungsparameter für eine opti-

male Wirkung der CPM-Therapie sicherlich noch weiter durch evidenzbasierte klinische Studien wissenschaftlich begründet werden sollten.

Die optimalen Behandlungsparameter der CPM-Therapie sollten durch evidenzbasierte klinische Studien wissenschaftlich begründet werden

Die korrekte Einstellung und die Behandlungsdauer der CPM kann für den Kliniker wertvolle Empfehlungen zum optimalen Gebrauch der Motorschienen geben. Hier müssten die Trends aus der Arbeit von Jordan [13], wonach eine sehr forcierte Einstellung der Motorschiene bessere Ergebnisse bringt, dringlich weiter untersucht werden.

Gleiches gilt für den bereits zuvor erwähnten interessanten Aspekt der Kostenersparnis. Eine Arbeit von Worland befasst sich nur mit CPM unter häuslichen Bedingungen im Vergleich zu Physiotherapie. Im Krankenhaus hatten alle Patienten Physiotherapie und CPM erhalten, durch Weiterführung einer intensiven ambulanten CPM werden bessere funktionelle Ergebnisse beschrieben.

Klinische Anwendung von elektrisch betriebenen Motorschienen nach dem Prinzip CPM führt nach klinischer Erfahrung zu unterschiedlichen, für den Patienten positiven Effekten. Aus diesem Grund wird dieses Behandlungsprinzip am Kniegelenk auch erfolgreich angewendet und gehört bereits zum klinischen Standard. Dies erfordert dennoch weiterhin nachvollziehbare Belege für eine grundlegende Evidenz.

Aufgrund der Vorgabe, maximal 30 Arbeiten zu zitieren, sind Grundlagenarbeiten und Arbeiten vor 1990 nicht im Literaturverzeichnis aufgenommen. Eine ausführliche Literaturliste kann aber beim Verfasser angefordert werden.

Korrespondierender Autor

Prof. Dr. P. Kirschner

Unfall- und Wiederherstellungschirurgie,
St. Vincenz- und Elisabeth-Hospital,
Katholisches Klinikum Mainz,
An der Goldgrube 11, 55131 Mainz
E-Mail: kirschner@veh-mainz.de

Zum Beitrag:

Eine vollständige Literaturliste mit 89 Quellenangaben kann gesondert beim Autor angefordert werden

Literatur

1. Alfredson H, Lorenz R (1999) 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* 7: 232–238
2. Beaupre LA, Davies DM (2001) Exercise combined with continuous passive motion or slider board therapy compared with exercise only: a randomized controlled trial of patients following total knee arthroplasty. *Phys Ther* 81: 1029–1037
3. Benedikt J, Reimann M et al. (1997) Vergleichende Studie zweier Methoden der Behandlung nach Kniegelenkersatz mit bikondylärer Oberflächenersatzprothese. *Orthop Praxis* 33: 518–523
4. Chiarello CM, Gundersen L, O'Halloran T (1997) The effect of continuous passive motion duration and increment on range of motion in total knee arthroplasty patients. *J Orthop Sports Phys Ther* 25: 119–127
5. Chylarecki C, Hierholzer G et al. (1995) Physikalische Thromboseprophylaxe mit motorisierten Sprunggelenksbewegungsschienen. *Unfallchirurgie* 21: 137–147
6. Colwell CW, Morris BA (1992) The influence of continuous passive motion on the results of total knee arthroplasty. *Clin Orthop* 276: 225–228
7. Connor JC, Berk DM, Hotz MW (1995) Effects of continuous passive motion following Austin bunionectomy. A prospective review. *J Am Podiatr Med Assoc* 85: 744–748
8. Gaspar L, Farkas C, Szepesi K, Csernatony Z (1997) Therapeutic value of continuous passive motion after anterior cruciate replacement. *Acta Chir Hung* 36: 104–105
9. Gelberman RH, Nunley JA, Osterman AL et al. (1991) Influences of the protected passive mobilization interval on flexor tendon healing. A prospective randomized clinical study. *Clin Orthop* 264: 189–196
10. Hefti F, Stoll TM (1995) Healing of ligaments and tendons. *Orthopäde* 24: 237–245
11. Jaeger T, Hassenpflug J (1991) CPM-Behandlung des Schultergelenks. *Orthopäde* 20: 282–286
12. Johnson DP, Eastwood DM (1992) Beneficial effects of continuous passive motion after total condylar knee arthroplasty. *Ann R Coll Surg Engl* 74: 412–416
13. Jordan LR, Siegel JL, Olivo JL (1995) Early flexion routine, an alternative method of continuous passive motion. *Clin Orthop* 315: 231–233
14. Kumar PJ, McPherson EJ, Dorr LD, Wan Z, Baldwin K (1996) Rehabilitation after total knee arthroplasty. *Clin Orthop* 331: 93–101
15. Lau SK, Chiu KY (2001) Use of continuous passive motion after total knee arthroplasty. *J Arthroplasty* 16: 336–339
16. Lastayo PC, Wright T, Jaffe R, Hartzel J (1998) Continuous passive motion after repair of the rotator cuff. *J Bone Joint Surg Am* 80: 1002–1011
17. Lotke PA, Faralli VJ, Orenstein EM, Ecker ML (1991) Blood loss after total knee replacement. *J Bone Joint Surg Am* 73: 1037–1040
18. Lynch JA, Baker PL, Polly RE et al. (1990) Mechanical measures in the prophylaxis of postoperative thromboembolism in total knee arthroplasty. *Clin Orthop* 260: 24–29
19. Maloney WJ, Schurmann DJ, Hangen D et al. (1990) The influence of continuous passive motion on outcome in total knee arthroplasty. *Clin Orthop* 256: 162–168
20. MacDonald SJ, Bourne BB, Rorabeck CH (2000) Prospective randomized clinical trial of continuous passive motion after total knee arthroplasty. *Clin Orthop* 380: 30–35
21. McInnes J, Larson MG, Daltroy LH et al. (1992) A controlled evaluation of continuous passive motion in patients undergoing total knee arthroplasty. *JAMA* 268: 1423–1428
22. Pope RO, Corcoran S, McCaul K, Howie DW (1997) Continuous passive motion after primary total knee arthroplasty. *J Bone Joint Surg Br* 79: 914–917
23. Rader CP, Kramer C et al. (1998) Erfahrungen mit einer Sprunggelenksbewegungsschiene in der Thromboseprophylaxe bei Patienten nach totalendoprothetischem Kniegelenkersatz. *Orthopäde* 136: 467–470
24. Staubesand J, Heisterkamp T, Stege H (1995) Use of duplex sonograph to investigate the effect of active and passive movement on the ankle joints for promoting venous return. *Clin Anat* 8: 96–101
25. Stege H, Heisterkamp T et al. (1997) Über die Wirkung kontinuierlicher passiver Bewegungen im oberen Sprunggelenk auf die Hämodynamik in der unteren Extremität. *Phlebologie* 26: 10–18
26. Ververeli PA, Sutton DC, Hearn SL, Booth RE, Hozack WJ, Rothman RR (1995) Continuous passive motion after total knee arthroplasty. Analysis of cost and benefits. *Clin Orthop* 321: 208–215
27. Walker RH, Morris BA, Angulo DL, Schneider J, Colwell CW (1991) Postoperative use of continuous passive motion, transcutaneous electrical nerve stimulation, and continuous cooling pad following total knee arthroplasty. *J Arthroplasty* 6: 151–156
28. Wasilewski SA, Woods LC, Torgerson WR, Healy WL (1990) Value of continuous passive motion in total knee arthroplasty. *Orthopedics* 13: 291–295
29. Whithrow GE, Bollen SR, Pinczewski LA (1993) The use of continuous passive motion after arthroscopically assisted anterior cruciate ligament reconstruction. Help or hindrance? *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 1: 68–70
30. Yashar AA, Venn-Watson E, Welsh T, Colwell CW, Lotke P (1997) Continuous passive motion with accelerated flexion after total knee arthroplasty. *Clin Orthop* 305: 38–43

Buchbesprechung

Harald Tscherne, Michael Nerlich, Alfred Berger (Hrsg.)

Tscherne Unfallchirurgie

Weichteilverletzungen und -infektionen

Heidelberg, Berlin: Springer-Verlag 2003, 505 S., 705 Abb., 57 Tab., (ISBN 3-5406-3285-9), 280,00 EUR



In dem vorliegenden Band werden einleitend die physiologischen Grundlagen der Wundheilung und die Prinzipien der Wundversorgung sowie Defektdeckung dargestellt. In den

folgenden Kapiteln wird auf spezielle Schäden der Haut und des Bindegewebes, der Muskulatur, der Gefäße sowie der Nerven eingegangen und im weiteren thermische, elektrische und chemische Verletzungen sowie Komplikationen, wie Infektionen, das Kompartmentsyndrom, Thrombose und Embolie, die Allgodystrophie und letztendlich Narbenstörungen, dargestellt.

Neben den wichtigen theoretischen Grundlagen finden sich zu jedem Thema wertvolle praktische Hinweise, wie z.B. zur Durchführung regionaler Analgesieverfahren, verschiedener Nahttechniken, Gefäß- und Nervenrekonstruktionen und den Möglichkeiten der Weichteildefektdeckung.

Das Buch ist didaktisch hervorragend aufgebaut, die Textgestaltung ist übersichtlich und flüssig, darüber hinaus finden sich hervorragende Skizzen und Abbildungen.

Das vorliegende Werk stellt somit nicht nur in übersichtlicher Weise sämtliche Grundlagen von Weichteilverletzungen und Infektionen dar, sondern es bietet darüber hinaus umfassende und klare Handlungsrichtlinien und die dazugehörigen praktischen Durchführungen.

Damit ist dieses Buch nicht nur der unfallchirurgischen Zielgruppe, sondern allen tätigen Chirurgen aber auch allen sonstigen Ärzten, welche mit Wund- und Weichteilbehandlungen befasst sind, ganz besonders zu empfehlen.

Prof. Dr. med. D. Nast-Kolb,
Klinik und Poliklinik für Unfallchirurgie
(Essen)